UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE - FURG
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA OCEÂNICA

COMPORTAMENTO DOS PERFIS DE CLORETO EM TETRÁPODES LOCALIZADOS NOS MOLHES DA BARRA. (RIO GRANDE – RS – BRASIL)

Eng[a] Cristiane Arpino Silva

Dissertação apresentada à Comissão de Curso de Pós-Graduação em Engenharia Oceânica da Universidade Federal do Rio Grande, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Oceânica.

Orientador: André Tavares da Cunha Guimarães, Dr. Engenharia Civil.

Rio Grande, Novembro de 2010.

COMPORTAMENTO DOS PERFIS DE CLORETO EM TETRÁPODES LOCALIZADOS NOS MOLHES DA BARRA. (RIO GRANDE – RS – BRASIL)

CRISTIANE ARPINO SILVA

Esta dissertação foi julgada adequada para obtenção do título de

MESTRE EM ENGENHARIA OCEÂNICA

Tendo sido aprovada em sua forma final pelo Curso de Pós-Graduação em Engenharia Oceânica.

Banca Examinadora:

(Está página é elaborada pela secretaria da comissão de curso)

À minha querida mãe

Mariedes Rodrigues Arpino (in memorian)

Por todo amor, carinho e compreensão!

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus, pois sem ele nada é possível.

Ao Professor André Guimarães, pela paciência, boa vontade e por me orientar nessa dissertação.

Para não cometer nenhum tipo de esquecimento gostaria de agradecer a todos os professores e colegas do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Oceânica e pessoas competentes que me forneceram dados importantes para o desenvolvimento desse trabalho, como também a secretaria do curso Nilza, por toda a atenção.

A CAPES-Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - pela concessão do apoio financeiro durante a realização dessa dissertação.

A minha amiga e irmã Kátia por todo apoio e força para o seguimento dos meus estudos.

Ao meu pai e ao meu irmão Claudemar por tudo, sem restrições.

Ao meu esposo Maicon, pela presença e carinho.

Enfim a todos que, direta e indiretamente, colaboraram para a realização do presente trabalho, meus mais sinceros agradecimentos.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS 7

LISTA DE FOTOS 10

LISTA DE TABELAS 11

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS 17

RESUMO 18

ABSTRAT 19

1. INTRODUÇÃO 20
1.1 IMPORTÂNCIA E JUSTIFICATIVA DO TEMA 20
1.2 OBJETIVO 22
1.2.1 Objetivo Principal 22
1.2.2 Objetivo Secundário 22
1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO 23

2. CORROSÃO DO CONCRETO EM AMBIENTE MARÍTIMO 24
2.1 AGENTES AGRESSIVOS 24
2.1.1 Ataque por Cloretos 28
2.1.2 Ataque por CO_2 36
2.1.3 Ataque por Sulfato 41
2.2 DEFINIÇÃO DE VIDA ÚTIL 43
2.3 AMBIENTE MARÍTIMO 46
2.3.1 Zonas de Ambiente Marítimo 46
2.3.2 Composição de Estuários e Oceanos 48
2.4 FATORES INTERNOS INFLUENTES NA PENETRAÇÃO DE Cl^- (concreto) .. 50
2.4.1 Relação Água/Cimento (a/c) 50
2.4.2 Tipo de Cimento e Adições 51
2.4.3 Espessura de Cobrimento 52
2.4.4 Grau de Hidratação 53
2.4.5 Consumo de Cimento 53
2.4.6 Grau de Saturação 54
2.4.7 Grau de Carbonatação 59
2.4.8 Tipo de Superfície exposta 59
2.5 FATORES EXTERNOS INFLUENTES NA PENETRAÇÃO DE Cl^-(ambiente) .. 61
2.5.1 Temperatura 61
2.5.2 Umidade Relativa 62
2.5.3 Concentração Superficial de Cloretos 62
2.6 TIPOS DE PERFIL DE CLORETO E MODELO DE VIDA ÚTIL 66
2.6.1 Perfil Clássico (Formação) 67
2.6.2 Perfil Clássico (Modelos) 68
2.6.3 Perfil de Cloretos Formando Pico (Formação) 71
2.6.4 Perfil de Cloretos Formando Pico (Modelos) 73

2.7 COMENTÁRIOS 76

3. EXPERIMENTO 77
3.1 AMBIENTE E ESTRUTURA PESQUISADA 77
3.2 CARACTERÍSTICAS DOS TETRÁPODES 79
3.3 OBTENÇÃO DAS AMOSTRAS DE CONCRETO DOS TETRÁPODES 80
3.4 MICRO-AMBIENTES ESTUDADOS 86
3.4.1 Micro-Ambiente MLLS 86
3.4.2 Micro-Ambiente MLLM 89
3.4.3 Micro-Ambiente MLOM 91
3.4.4 Micro-Ambiente MLOI 93
3.4.5 Comentários 96
3.5 ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS 96
3.5.1 Roteiro Utilizado para a análise dos Resultados 97
3.5.2 Análise do Micro-Ambiente MLLS 103
3.5.3 Análise do Micro-Ambiente MLLM 111
3.5.4 Análise do Micro-Ambiente MLOM 119
3.5.5 Análise do Micro-Ambiente MLOI 127

3.6 ESTIMATIVA GS TETRÁPODES PESQUISADOS 134
3.6.1 Ensaio de GS do dia das amostras de concreto dos tetrápodes 139
3.7 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS 145
4. CONCLUSÕES E SUGESTÕES A CONTINUIDADE DAS PESQUISAS 153
4.1 Conclusões 153
4.2 Sugestões para Trabalhos Futuros 157

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 158
ANEXOS 164

ANEXO A - Regressão para obter a melhor correlação de Cs para os 4 micro-climas em ambas as idades estudadas 164

ANEXO B - Estimativa de Mt (área abaixo do perfil de cloretos) 176

ANEXO C - Aplicação do modelo que apresentou erro 198

ANEXO D – Aplicação da regressão para a obtenção das curvas modelo aos 5 anos e modelo aos 9,5 anos para os 4 micro-ambientes estudados 206

ANEXO E – Estimativa do comportamento do teor de Cl^- nos tetrápodes a partir de Cs fixo de 0,588% nas idades de Cs fixo, 50 anos, 100 e 200 anos de exposição 238

ANEXO F – Estimativa de keq entre as idades de 5 anos e 9,5 anos para os 4 micro-ambientes estudados 270

ANEXO G – Perfis de penetração de íons cloreto no concreto dos tetrápodes em 50 anos de exposição para os 4 micro-ambientes estudados 274

ANEXO H – Cálculo de GS_{dia} para as amostras de concreto dos tetrápodes 284

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Esquema de Corrosão Eletroquímica (Neville, 1997) 25
Figura 2.2 – Esquema de variação do teor de cloretos Adaptação (Andrade, 2002) 30
Figura 2.3 – Perfil Típico da Concentração de Cloretos Adapatação (Cascudo, 1997)..... 34
Figura 2.4 – Processo de Corrosão da Armadura do Concreto (Tuutti, 1980) 44
Figura 2.5 – Vida Útil das Estruturas de Concreto Devido a Corrosão (Helene, 1994) 45
Figura 2.6 – Representação esquemática das zonas de agressividade (Helene, 1986) 47
Figura 2.7 – Laguna dos Patos e ligação com o Oceano Atlântico (Baptista, 1984) 49
Figura 2.8 – Valores Médios de Difusão Efetiva em Função de GS–Confiança de 95% (Guimarães, 2000) 55
Figura 2.9 – Rede de Poros da Pasta de Cimento Endurecida com Diferentes Teores de Umidade (Guimarães, 2000) 57
Figura 2.10 – Relação entre D e GS em amostras (Climente et al., 2002) 58
Figura 2.11 – Posição de Extração de Cp's (Guimarães et al., 1999) 60
Figura 2.12 – Teor de Cloreto nas Camadas mais Externas de Estruturas de Concreto em Relação à Distância da Água do Mar em Rio Grande – RS, TECON (Nunes, 2006) 63
Figura 2.13 – Perfis de Concentração de Cloreto para Concretos com Relação a/c = 0,53 e 3 Dias de Cura, Expostos Durante 24 meses a 50 m, 100 e 780 m do Mar (Castro, 2000) 64
Figura 2.14 – Teores de Cloreto para Diversas Profundidades e Altura de uma Coluna da Ponte sobre o Lago de Maracaibo (Castro et al., 2001) 65
Figura 2.15 – Modelo da Influência da Altura sobre o Cs (Guimarães et al., 2007) 66
Figura 2.16 – Perfis com Diferentes Valores Cs, D = 1, $48{,}10^{-9}cm^2/s$ e t = 50 anos (Guimarães et al., 2007) 68
Figura 2.17 – Perfis com Cs Iguais e Coeficientes de Difusão Diferentes 69
Figura 2.18 – Perfil de Cloretos Formando Pico 72
Figura 2.19 – Perfil de Cloretos Formando Pico (Andrade et al., 2000) 73
Figura 2.20 – Localização do Cais do Terminal de Conteiners - Tecon, Rio Grande – Brasil (Guimarães e Helene, 2004) 74
Figura 2.21 – Perfis de Cloreto: Medidos na idade de 22 anos; Modelo para 22 anos; Modelo para 50 anos; Modelo para 100 anos (Guimarães e Helene, 2004)..... 75

Figura 3.1 – Seção Transversal onde se Localizam os Micro-Ambientes Pesquisados no Molhe Leste da Barra (Guimarães et al., 2003) 81
Figura 3.2 - Perfil de Cloretos para o qual Csmáx Atinge o Valor Fixo de 0.588% em relação à Massa do Concreto na Idade de t_{troca} 99
Figura 3.3 - Comportamento de Cs ao Longo do Tempo 100
Figura 3.4 - Fluxograma – Procedimentos Utilizados no tratamento dos Resultados 101
Figura 3.5 – Comportamento do % de Cloretos x Profundidade (MLLS) 5 anos 104
Figura 3.6 – Comportuamento do % de Cloretos (MLLS) Utilizando o Perfil 5 anos 104
Figura 3.7 – Comportamento do % de Cloretos x Profundidade (MLLS) 9,5 anos 105
Figura 3.8 – Comportamento do % de Cloretos (MLLS) Utilizando o Perfil de 9,5 anos . 106
Figura 3.9 – Comportamento do % de Cl^- (MLLS) Utilizando o Perfil (keq) (5 anos) 108
Figura 3.10 – Comportamento do % de Cl^- (MLLS) Utilizando o perfil (keq) (9,5 anos) . 108
Figura 3.11 – Comportamento do % de Cloretos x Profundidade (MLLM) 5 anos 113
Figura 3.12 –Comportamento do % de Cloretos (MLLM) Utilizando o Perfil 5 anos 113
Figura 3.13 – Comportamento do % de Cloretos x Profundidade (MLLM) 9,5 anos 114
Figura 3.14 – Comportamento do % de Cloretos (MLLM) Utilizando o Perfil 9,5 anos ... 114
Figura 3.15 – Comportamento do % de Cl^- (MLLM) Utilizando o Perfil (keq) (5 anos).... 116
Figura 3.16 – Comportamento do % de Cl^- (MLLM) Utilizando o Perfil (keq) (9,5 anos) . 116
Figura 3.17 – Comportamento do % de Cloretos x Profundidade (MLOM) 5 anos..... 120
Figura 3.18 – Comportamento do % de Cloretos (MLOM) Utilizado o Perfil 5 anos 121
Figura 3.19 – Comportamento do % de Cloretos x Profundidade (MLOM) 9,5 anos 122
Figura 3.20 – Comportamento do % de Cloretos (MLOM) Utilizando o Perfil 9,5 anos .. 122
Figura 3.21 – Comportamento do % de Cl^- (MLOM) Utilizando o Perfil (keq) (5 anos) .. 123
Figura 3.22 – Comportamento % de Cl^- (MLOM) Utilizando o Perfil (keq) (9,5 anos) 124
Figura 3.23 – Comportamento do % de Cloretos x Profundidade (MLOI) 5 anos 128
Figura 3.24 – Comportamento do % de Cloretos (MLOI) Utilizando o Perfil 5 anos 128
Figura 3.25 – Comportamento do % de Cloretos x Profundidade (MLOI) 9,5 anos 129
Figura 3.26 – Comportamento do % de Cloretos (MLOI) Utilizando o Perfil 9,5 anos 130
Figura 3.27 – Comportamento do % de Cl^- (MLOI) Utilizando o Perfil (keq) (5 anos) 131
Figura 3.28 – Comportamento do % de Cl^- (MLOI) Utilizando o Perfil (keq) (9,5 anos) .. 131
Figura 3.29 – Relação entre coeficientes de difusão e GS's (Rodrigues, 2009) 136
Figura 3.30 – Variação do GS Médio por Estação do Ano – Traço 1 (Rodrigues, 2009) .. 137

Figura 3.31 – Perfil de penetração dos íons de Cl^- no concreto dos tetrápodes em 50 anos de exposição para os micro-ambientes MLLS, MLLM, MLOM e MLOI considerando idade de análise de 9,5 anos e k da idade de 9,5 anos 152
Figura 3.32 – Perfil de penetração dos íons de Cl^- no concreto dos tetrápodes em 50 anos de exposição para os micro-ambientes MLLS, MLLM, MLOM e MLOI considerando idade de análise de 9,5 anos e keq 152
Figura C1 – Aplicação do modelo com erro (MLLS – 5 anos) 198
Figura C2 – Aplicação do modelo com erro (MLLS – 9,5 anos) 198
Figura C3 – Aplicação do modelo com erro (MLLS keq – 5 anos) 199
Figura C4 – Aplicação do modelo com erro (MLLS keq – 9,5 anos) 199
Figura C5 – Aplicação do modelo com erro (MLLM – 5 anos) 200
Figura C6 – Aplicação do modelo com erro (MLLM – 9,5 anos) 200
Figura C7 – Aplicação do modelo com erro (MLLM keq – 5 anos) 201
Figura C8 – Aplicação do modelo com erro (MLLM keq – 9,5 anos) 201
Figura C9 – Aplicação do modelo com erro (MLOM – 5 anos) 202
Figura C10 – Aplicação do modelo com erro (MLOM – 9,5 anos) 202
Figura C11 – Aplicação do modelo com erro (MLOM keq – 5 anos) 203
Figura C12 – Aplicação do modelo com erro (MLOM keq – 9,5 anos) 203
Figura C13 – Aplicação do modelo com erro (MLOI – 5 anos) 204
Figura C14 – Aplicação do modelo com erro (MLOI – 9,5 anos) 204
Figura C15 – Aplicação do modelo com erro (MLOI keq – 5 anos) 205
Figura C16 – Aplicação do modelo com erro (MLOM keq – 9,5 anos) 205
Figura F1 – Comportamento de Cs em Função da Raiz do Tempo - MLLS 270
Figura F2 – Comportamento de Cs em Função da Raiz do Tempo - MLLM 271
Figura F3 – Comportamento de Cs em Função da Raiz do Tempo - MLOM 272
Figura F4 – Comportamento de Cs em Função da Raiz do Tempo - MLOI 273

LISTA DE FOTOS

Foto 3.1 – Molhe Leste com 4220 m Mar a Dentro (Guimarães et al., 2003)..... 77
Foto 3.2 – Transporte dos Tetrápodes de oito Toneladas aos molhes da Barra (Guimarães et al., 2003) 78
Foto 3.3 – Tetrápode com Bolhas de Ar visíveis a olho nu (Guimarães et al., 2003) 79
Foto 3.4 – Molhes da barra do Rio Grande – A: Molhe Oeste; B: Molhe Leste; Seta: Indica a Seção onde estão Localizados os 4 Micro-Ambientes estudados 81
Foto 3.5 – Furadeira Utilizada na Extração das Amostras (MLLS) aos 9,5 anos e os 10 Furos Realizados aos (5 anos) 82
Foto 3.6 – Equipamentos Utilizados na Coleta das Amostras 83
Foto 3.7 – Utilização do Paquímetro para Medir Distância entre Furos 84
Foto 3.8 – Limpeza de Cada Camada com a Retirada do Restante de Material 84
Foto 3.9 – Os dez Furos aos 5 anos e os 10 Furos aos 9,5 anos (MLLS)..... 85
Foto 3.10 – Os 2 Tetrápodes que Compõem o ponto MLLS aos 9,5 Anos – Furos Referentes a Extração de Material aos 5 anos 86
Foto 3.11 – Os 2 Tetrápodes que Compõem o ponto MLLS – 20 Furos Referentes a Extração de Material aos 5 anos e 9,5 anos..... 87
Foto 3.12 – Um dosTetrápodes que Compõem o ponto MLLM – 20 Furos Referentes a Extração de Material aos 5 anos e 9,5 anos e ao Alto Tetrápodes (MLLS) 89
Foto 3.13 – Localização do Micro-Ambiente MLOM aos 9,5 anos..... 92
Foto 3.14 – Extração das Amostras em MLOI aos 5 anos 94
Foto 3.15 – Extração das Amostras em MLOI aos 9,5 anos 95
Foto 3.16 – Retirada das amostras para o ensaio de GS do dia (MLLS) 140
Foto 3.17 – Retirada das amostras de concreto junto aos furos onde foram coletadas as amostras nas idades de 5 e 9,5 anos (MLLS) 140
Foto 3.18 – Retirada das amostras de concreto junto aos furos onde foram coletadas as amostras nas idades de 5 e 9,5 anos (MLOI) 141
Foto 3.19 – Retirada das amostras de concreto junto aos furos onde foram coletadas as amostras nas idades de 5 e 9,5 anos (MLLM) 142
Foto 3.20 – Pesagem das Amostras no Dia da Extração 142
Foto 3.21 – Saturação das Amostras 143
Foto 3.22 – Saturação das Amostras 143

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Valores Críticos de Cloreto em Concreto Armado (Rincón et al., 1998) 29
Tabela 2.2 – Influência da Relação a/c sobre a Carbonatação (Giamusso, 1992) 40
Tabela 2.3 – Composição da Água do Mar (Biczók, 1972) 48
Tabela 2.4 – Relação a/c Máxima para Concreto Amb. Marítimo (Conforme Normas)..... 51
Tabela 2.5 – Consumo Mínimo Concreto Amb. Marítimo (Conforme Normas)..... 53
Tabela 2.6 – Coeficientes de Difusão Efetivo em Função do GS (Guimarães, 2000)..... 55
Tabela 2.7 – Ensaio de Penetração de Cloretos aos 28 dias (Guimarães et al., 1999)..... 60
Tabela 3.1 – % de Cloretos em Relação Massa do Concreto (MLLS aos 5 anos) 88
Tabela 3.2 – % de Cloretos em Relação Massa do Concreto (MLLS aos 9,5 anos) 88
Tabela 3.3 – % de Cloretos em Relação Massa do Concreto (MLLM aos 5 anos) 90
Tabela 3.4 – % de Cloretos em Relação Massa do Concreto (MLLM aos 9,5 anos) 91
Tabela 3.5 – % de Cloretos em Relação Massa do Concreto (MLOM aos 5 anos) 92
Tabela 3.6 – % de Cloretos em Relação Massa do Concreto (MLOM aos 9,5 anos) 93
Tabela 3.7 – % de Cloretos em Relação Massa do Concreto (MLOI aos 5 anos) 95
Tabela 3.8 – % de Cloretos em Relação Massa do Concreto (MLOI aos 9,5 anos) 96
Tabela 3.9 – Resultados Obtidos da análise do Micro-Ambiente MLLS 109
Tabela 3.10 – Resultados Obtidos da Análise do Micro-Ambiente MLLM 117
Tabela 3.11 - Resultados Obtidos da Análise do Micro-Ambiente MLOM 124
Tabela 3.12 – Resultados Obtidos da Análise do Micro-Ambiente MLOI 132
Tabela 3.13 – Coeficiente de Difusão Estimados aos 9,5 Anos para os 4 Micro-Ambientes para k e keq 135
Tabela 3.14 – GS's Estimados para os 4 Micro-Ambientes Estudados para k e keq 136
Tabela 3.15 – Peso das Amostras de Concreto Retiradas dos Tetrápodes e Absorções Máxima e do Dia Representativas dos os 4 Micro-Ambientes Pesquisados 144
Tabela 3.16 – Resultados de GSdia para as Amostras de Concreto Extraídas dos Tetrápodes Pesquisados 144
Tabela 3.17 – Parâmetros Estimados para os 4 Micro-Ambientes Estudados 145

Tabela A1 – Regressão para obter a melhor correlação Cs para k aos 5 anos e para keq MLLS na idade de 5 anos 164
Tabela A2 – Regressão para obter a melhor correlação Cs para k aos 9,5 anos e para keq MLLS na idade de 9,5 anos..... 165
Tabela A3 – Regressão para obter a melhor correlação Cs para k aos 5 anos e para keq MLLM na idade de 5 anos 167
Tabela A4 – Regressão para obter a melhor correlação Cs para k aos 9,5 anos e para keq MLLM na idade de 9,5 anos 168
Tabela A5 – Regressão para obter a melhor correlação Cs para k aos 5 anos e para keq MLOM na idade de 5 anos..... 169
Tabela A6 – Regressão para obter a melhor correlação Cs para k aos 9,5 anos e para keq MLOM na idade de 9,5 anos..... 171
Tabela A7 – Regressão para obter a melhor correlação Cs para k aos 5 anos e para keq MLOI na idade de 5 anos 172
Tabela A8 – Regressão para obter a melhor correlação Cs para k aos 9,5 anos e para keq MLOI na idade de 9,5 anos 174
Tabela B1 – Estimativa de Mt (MLLS para k e keq – 5 anos)..... 176
Tabela B2 – Estimativa de Mt (MLLS para k e keq – 9,5 anos)..... 185
Tabela D1 – Estimativa de D para o traçado da curva modelo aos 5 anos (micro-ambiente MLLS – 5 anos)..... 206
Tabela D2 – Estimativa de D para o traçado da curva modelo aos 9,5 anos (micro-ambiente MLLS – 5 anos)..... 206
Tabela D3 – % de cloretos estimados a partir de D para o traçado das curvas (modelo aos 5 anos e estimativa aos 9,5 anos) para o micro-ambiente MLLS aos 5 anos..... 206
Tabela D4 – Estimativa de D para o traçado da curva modelo aos 5 anos (micro-ambiente MLLS – 9,5 anos)..... 208
Tabela D5 – Estimativa de D para o traçado da curva modelo aos 9,5 anos (micro-ambiente MLLS – 9,5 anos)..... 208
Tabela D6 – % de cloretos estimados a partir de D para o traçado das curvas (estimativa aos 5 anos e modelo aos 9,5 anos) para o micro-ambiente MLLS aos 9,5 anos 208
Tabela D7 – Estimativa de D para o traçado da curva modelo aos 5 anos (micro-ambiente MLLS – 5 anos considerando keq) 210
Tabela D8 – Estimativa de D para o traçado da curva modelo aos 9,5 anos (micro-ambiente MLLS – 5 anos considerando keq) 210

Tabela D9 – % de cloretos estimados a partir de D para o traçado das curvas (modelo aos 5 anos e estimativa aos 9,5 anos) para o micro-ambiente MLLS aos 5 anos para keq 210
Tabela D10 – Estimativa de D para o traçado da curva modelo aos 5 anos (micro-ambiente MLLS – 9,5 anos considerando keq) 212
Tabela D11 – Estimativa de D para o traçado da curva modelo aos 9,5 anos (micro-ambiente MLLS – 9,5 anos considerando keq) 212
Tabela D12 – % de cloretos estimados a partir de D para o traçado das curvas (estimativa aos 5 anos e modelo aos 9,5 anos) para o micro-ambiente MLLS aos 9,5 anos para keq..... 212
Tabela D13 – Estimativa de D para o traçado da curva modelo aos 5 anos (micro-ambiente MLLM – 5 anos) 214
Tabela D14 – Estimativa de D para o traçado da curva modelo aos 9,5 anos (micro-ambiente MLLM – 5 anos) 214
Tabela D15 – % de cloretos estimados a partir de D para o traçado das curvas (modelo aos 5 anos e estimativa aos 9,5 anos) para o micro-ambiente MLLM aos 5 anos 214
Tabela D16 – Estimativa de D para o traçado da curva modelo aos 5 anos (micro-ambiente MLLM – 9,5 anos) 216
Tabela D17 – Estimativa de D para o traçado da curva modelo aos 9,5 anos (micro-ambiente MLLM – 9,5 anos) 216
Tabela D18 – % de cloretos estimados a partir de D para o traçado das curvas (estimativa aos 5 anos e modelo aos 9,5 anos) para o micro-ambiente MLLM aos 9,5 anos 216
Tabela D19 – Estimativa de D para o traçado da curva modelo aos 5 anos (micro-ambiente MLLM – 5 anos considerando keq) 218
Tabela D20 – Estimativa de D para o traçado da curva modelo aos 9,5 anos (micro-ambiente MLLM – 5 anos considerando keq) 218
Tabela D21 – % de cloretos estimados a partir de D para o traçado das curvas (modelo aos 5 anos e estimativa aos 9,5 anos) para o micro-ambiente MLLM aos 5 anos para keq..... 218
Tabela D22 – Estimativa de D para o traçado da curva modelo aos 5 anos (micro-ambiente MLLM – 9,5 anos considerando keq) 220
Tabela D23 – Estimativa de D para o traçado da curva modelo aos 9,5 anos (micro-ambiente MLLM – 9,5 anos considerando keq) 220
Tabela D24 – % de cloretos estimados a partir de D para o traçado das curvas (estimativa aos 5 anos e modelo aos 9,5 anos) para o micro-ambiente MLLM aos 9,5 anos para keq 220
Tabela D25 – Estimativa de D para o traçado da curva modelo aos 5 anos (micro-ambiente MLOM – 5 anos)..... 222

Tabela D26 – Estimativa de D para o traçado da curva modelo aos 9,5 anos (micro-ambiente MLOM – 5 anos) 222
Tabela D27 – % de cloretos estimados a partir de D para o traçado das curvas (modelo aos 5 anos e estimativa aos 9,5 anos) para o micro-ambiente MLOM aos 5 anos 222
Tabela D28 – Estimativa de D para o traçado da curva modelo aos 5 anos (micro-ambiente MLOM – 9,5 anos) 224
Tabela D29 – Estimativa de D para o traçado da curva modelo aos 9,5 anos (micro-ambiente MLOM – 9,5 anos) 224
Tabela D30 – % de cloretos estimados a partir de D para o traçado das curvas (estimativa aos 5 anos e modelo aos 9,5 anos) para o micro-ambiente MLOM aos 9,5 anos 224
Tabela D31 – Estimativa de D para o traçado da curva modelo aos 5 anos (micro-ambiente MLOM – 5 anos considerando keq) 226
Tabela D32 – Estimativa de D para o traçado da curva modelo aos 9,5 anos (micro-ambiente MLOM – 5 anos considerando keq) 226
Tabela D33 – % de cloretos estimados a partir de D para o traçado das curvas (modelo aos 5 anos e estiamtiva aos 9,5 anos) para o micro-ambiente MLOM aos 5 anos para keq 226
Tabela D34 – Estimativa de D para o traçado da curva modelo aos 5 anos (micro-ambiente MLOM – 9,5 anos considerando keq) 228
Tabela D35 – Estimativa de D para o traçado da curva modelo aos 9,5 anos (micro-ambiente MLOM – 9,5 anos considerando keq) 228
Tabela D36 – % de cloretos estimados a partir de Deq para o traçado das curvas (estimativa aos 5 anos e modelo aos 9,5 anos) para o micro-ambiente MLOM aos 9,5 anos para keq .. 228
Tabela D37 – Estimativa de D para o traçado da curva modelo aos 5 anos (micro-ambiente MLOI – 5 anos) 230
Tabela D38 – Estimativa de D para o traçado da curva modelo aos 9,5 anos (micro-ambiente MLOI – 5 anos) 230
Tabela D39 – % de cloretos estimados a partir de D para o traçado das curvas (modelo aos 5 anos e estimativa aos 9,5 anos) para o micro-ambiente MLOI aos 5 anos 230
Tabela D40 – Estimativa de D para o traçado da curva modelo aos 5 anos (micro-ambiente MLOI – 9,5 anos) 232
Tabela D41 – Estimativa de D para o traçado da curva modelo aos 9,5 anos (micro-ambiente MLOI – 9,5 anos) 232
Tabela D42 – % de cloretos estimados a partir de D para o traçado das curvas (estimativa aos 5 anos e modelo aos 9,5 anos) para o micro-ambiente MLOI aos 9,5 anos 232

Tabela D43 – Estimativa de D para o traçado da curva modelo aos 5 anos (micro-ambiente MLOI – 5 anos considerando keq) 234
Tabela D44 – Estimativa de D para o traçado da curva modelo aos 9,5 anos (micro-ambiente MLOI – 5 anos considerando keq) 234
Tabela D45 – % de cloretos estimados a partir de D para o traçado das curvas (modelo aos 5 anos e estimativa aos 9,5 anos) para o micro-ambiente MLOI aos 5 anos para keq 234
Tabela D46 – Estimativa de D para o traçado da curva modelo aos 5 anos (micro-ambiente MLOI – 9,5 anos considerando keq) 236
Tabela D47 – Estimativa de D para o traçado da curva modelo aos 9,5 anos (micro-ambiente MLOI – 9,5 anos considerando keq) 236
Tabela D48 – % de cloretos estimados a partir de D para o traçado das curvas (estimativa aos 5 anos e modelo aos 9,5 anos) para o micro-ambiente MLOI aos 9,5 anos para keq 236
Tabela E1 – Estimativa do comportamento do teor de cloretos ao longo da profundidade considerando Cs fixo de 0,588 % para MLLS na idade de 5 anos 238
Tabela E2 – Estimativa do comportamento do teor de cloretos ao longo da profundidade considerando Cs fixo de 0,588 % para MLLS na idade de 9,5 anos 240
Tabela E3 – Estimativa do comportamento do teor de cloretos ao longo da profundidade considerando Cs fixo de 0,588 % para MLLS aos 5 anos para keq 242
Tabela E4 – Estimativa do comportamento do teor de cloretos ao longo da profundidade considerando Cs fixo de 0,588 % para MLLS aos 5 anos para keq 244
Tabela E5 – Estimativa do comportamento do teor de cloretos ao longo da profundidade considerando Cs fixo de 0,588 % para MLLM na idade de 5 anos 246
Tabela E6 – Estimativa do comportamento do teor de cloretos ao longo da profundidade considerando Cs fixo de 0,588 % para MLLM na idade de 9,5 anos 248
Tabela E7 – Estimativa do comportamento do teor de cloretos ao longo da profundidade considerando Cs fixo de 0,588 % para MLLM aos 5 anos para keq 250
Tabela E8 – Estimativa do comportamento do teor de cloretos ao longo da profundidade considerando Cs fixo de 0,588 % para MLLM aos 5 anos para keq 252
Tabela E9 – Estimativa do comportamento do teor de cloretos ao longo da profundidade considerando Cs fixo de 0,588 % para MLOM na idade de 5 anos 254
Tabela E10 – Estimativa do comportamento do teor de cloretos ao longo da profundidade considerando Cs fixo de 0,588 % para MLOM na idade de 9,5 anos 256
Tabela E11 – Estimativa do comportamento do teor de cloretos ao longo da profundidade considerando Cs fixo de 0,588 % para MLOM aos 5 anos para keq 258

Tabela E12 – Estimativa do comportamento do teor de cloretos ao longo da profundidade considerando Cs fixo de 0,588 % para MLOM aos 5 anos para keq 260
Tabela E13 – Estimativa do comportamento do teor de cloretos ao longo da profundidade considerando Cs fixo de 0,588 % para MLOI na idade de 5 anos 262
Tabela E14 – Estimativa do comportamento do teor de cloretos ao longo da profundidade considerando Cs fixo de 0,588 % para MLOI na idade de 9,5 anos 264
Tabela E15 – Estimativa do comportamento do teor de cloretos ao longo da profundidade considerando Cs fixo de 0,588 % para MLOI aos 5 anos para keq 266
Tabela E16 – Estimativa do comportamento do teor de cloretos ao longo da profundidade considerando Cs fixo de 0,588 % para MLOI aos 5 anos para keq 268
Tabela F1 – Estimativa de keq para MLLS 270
Tabela F2 – Estimativa de keq para MLLM 271
Tabela F3 – Estimativa de keq para MLOM..... 272
Tabela F4 – Estimativa de keq para MLOI..... 273
Tabela G1 – Perfis de penetração de íons cloreto no concreto dos tetrápodes em 50 anos de exposição para os 4 micro-ambientes estudados, considerando 9,5 anos e $k_{9,5anos}$ 274
Tabela G2 – Perfis de penetração de íons cloreto no concreto dos tetrápodes em 50 anos de exposição para os 4 micro-ambientes estudados, considerando 9,5 anos e keq..... 279

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ACI – American Concrete Institute

ASTM – American Standart Testing Materials

CEB – Comité Euro-International Du-Béton

CIENTEC – Fundação de Ciência e Tecnologia

CP – Corpo de Prova

EI – Estaca Inferior

ES – Estaca Superior

IBRACON – Instituto Brasileiro do Concreto

NBR – Norma Brasileira

PS – Paramento Superior

PI – Paramento Inferior

SF – Superfície de Fundo

SL – Superfície Lateral

ST – Superfície de Topo

VF – Vertical de Fundo

VC – Vertical Interna

VT – Vertical Lateral

TECON – Terminal de Conteiners

USP – Universidade de São Paulo

Cs – Maior Teor de Cloretos na Superfície do Concreto

Cp – Teor de Cloretos Formando Pico

teq – Tempo Equivalente

D – Coeficiente de Difusão

GS – Grau de Saturação

GS_{dia} – Grau de Saturação no Dia da Extração da Amostra de Concreto

$Abs_{Máx}$ – Absorção Máxima da Amostra de Concreto

Abs_{dia} – Absorção no Dia da Extração da Amostra de Concreto

RESUMO

A vida útil de estruturas de concreto armado tem sido motivo de preocupação entre os diversos pesquisadores da área. Com o objetivo de melhor compreender o comportamento de uma estrutura de concreto armado, exposta ao ambiente marítimo, foi realizada uma avaliação dos tetrápodes dos molhes da Barra do Rio Grande à 5 anos de exposição (Guimarães, 2003) com a retirada de amostras e o traçado dos perfis de cloreto. Após essa avaliação, fora identificado um alto teor de cloretos no interior dos tetrápodes, que atribui-se a uma possível contaminação desses elementos durante a sua confecção. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho dos tetrápodes quanto a penetração de íons cloreto ao longo do tempo, e para tal foi realizada uma comparação entre os perfis de cloreto aos 5 anos e aos 9,5 anos.

Com as equações de Cranck (1975) foi obtido um modelo no qual se considerou a variação da concentração de cloretos na superfície (Cs), pois esse parâmetro aumentou significativamente dos 5 para 9,5 anos. O referido modelo apresentou bons resultados, pois os perfis estimados demonstraram semelhança com os perfis de medição de cloreto dos tetrápodes, principalmente na idade de 9,5 anos e com o uso de keq, demonstrando a importância de sua aplicabilidade na prática. A partir do coeficiente de difusão estimado aos 9,5 anos, obteve-se os perfis de cloreto para Cs fixo de 0,588 %, aos 50 anos, aos 100 anos e aos 200 anos.

De posse dos coeficientes de difusão aos 9,5 anos e com o uso de k e keq, foi estimado o grau de saturação, a partir de uma comparação com o estudo de Rodrigues (2009). Para confirmar o alto GS estimado para o ponto MLOI, foi realizado ensaio de GS_{dia} nos tetrápodes. Os resultados foram satisfatórios e apresentaram coerência com as estimativas. Enfim, os ambientes dos tetrápodes demonstraram grande agressividade com altos teores de cloreto em profundidades consideráveis. Portanto, para o caso de uma estrutura de concreto armado, inserida em ambiente semelhante aos tetrápodes, não só as recomendações da NBR 6118/2003 são suficientes para garantir a durabilidade da estrutura, principalmente no que se refere ao cobrimento do concreto, devendo principalmente ser considerado o tipo de cimento a ser utilizado.

Palavras-chave: Concreto, Íons Cloreto, Teor de cloretos na superfície. Coeficiente de difusão, Tetrápodes.

ABSTRACT

The useful life of structures made of reinforced concrete has been a matter of concern to researchers in this field. An evaluation of the tetrapods at the jetties located in Rio Grande, RS, was carried out after their five-year exposure to a marine environment (Guimarães, 2003) with the aim of understanding the behavior of a structure made of reinforced concrete under such conditions. Samples were collected and the chloride profiles were executed. After this evaluation, a high concentration of chloride was found in the interior of the tetrapods; this fact may be attributed to contamination during their manufacturing. This paper aims at evaluating the behavior of tetrapods regarding the penetration of chloride ions throughout some time. Therefore, a comparison between the chloride profiles at the age of 5 and at the age of 9.5 was made.

Cranck's equations (1975) led to a model in which the variation of the surface chloride concentration (C_S) was taken into account, since this parameter has significantly increased from 5 year-old tetrapods to 9.5 year-old ones. This model showed good results: the estimated profiles were similar to the measurement profiles of the chloride of the tetrapods, mainly at 9.5 and with the use of keq. This is an evidence of the importance of its practical applicability. Based on the diffusion coefficient which was estimated for 9.5 year-old tetrapods, 0.588 % was obtained as a fixed profile of C_S at 50, 100 and 200 years old.

Based on the diffusion coefficients at 9.5 and with the use of k and keq, the saturation degree (SD) was estimated after a comparison with Rodrigues' study (2009). To confirm the high SD which was estimated for the MOIL point, a SD_{day} test was carried out with the tetrapods. Results were satisfactory and coherent with the estimates. Finally, the environment, in which the tetrapods were, showed a high level of aggressiveness with high concentration of chloride at considerable depths. Therefore, in the case of a structure made of reinforced concrete which is an environment that is similar to the one in which tetrapods are, the NBR 6118/2003 recommendations alone are not enough to assure the durability of the structure, mainly regarding the concrete cover, i.e., the type of cement must also be chosen accordingly.

Keywords: Concrete; Chloride's ions; Surface chloride concentration; Diffusion coefficient; Tetrapods.

1. INTRODUÇÃO

1.1 IMPORTÂNCIA E JUSTIFICATIVA DO TEMA

Na antiguidade, o material mais utilizado em construções era a pedra. No entanto, houve a necessidade de se utilizar um material que superasse dificuldades como corte e transporte, por isso passou-se a utilizar o cimento dos romanos (Giammusso, 1992).

Entretanto, esses elementos ainda necessitavam de um complemento que fosse capaz de melhorar o seu desempenho quando submetidos à tração. Por isso, passou-se a utilizar barras de aço para suprir essa deficiência. Com isso surgiu o concreto armado, um material que depende da resistência do agregado, da pasta e da pasta-agregado (Giammusso, 1992) e por isso é essencialmente composto da mistura de água, cimento e agregados. A armadura dentro do concreto torna esse material mais durável e esse, por sua vez, protege o aço contra a corrosão. O concreto comparado com outros materiais é considerado o mais versátil e de uso mais difundido devido as suas características. Apresenta diversas vantagens como boa resistência mecânica e boa resistência ao fogo, não exigindo grandes gastos com manutenção.

O concreto, em sua concepção atual, surgiu em 1849 na França e desde então, tem demonstrado ser o material mais adequado para construções (Helene, 1992). Mehta e Monteiro (1994) consideram que um dos motivos pelo qual o concreto seja o material mais usado na engenharia seja pela variedade de formas e tamanhos em que seus elementos podem ser construídos, além da sua disponibilidade e custo inferior, se comparado a outros materiais de engenharia.

Porém, nos últimos anos, constataram-se varias causas de deterioração do concreto como: os ciclos de molhagem e secagem, agentes químicos agressivos, corrosão das armaduras, agentes físico-químicos agressivos, sendo a principal delas aquela causada pela corrosão das armaduras.

A corrosão pode ser entendida como o resultado de reações químicas ou eletroquímicas, associadas ou não a ações físicas ou mecânicas de degradação. A degradação do aço, por exemplo, pode ocorrer por corrosão eletroquímica ou por oxidação direta.

Na corrosão eletroquímica o fenômeno ocorre pela formação de pilhas as quais possam atuar como eletrólito, devido à presença de uma solução aquosa ou umidade (água ou produtos de hidratação do concreto) na superfície do aço. Na oxidação direta ocorre uma reação direta entre o aço e o oxigênio, com a formação de uma película uniforme e contínua de óxido de ferro a qual somente é significativa em altas temperaturas (Helene, 1993).

O cobrimento do concreto que serve como barreira aos agentes agressivos e para proporcionar alcalinidade elevada ao meio, é aquele que confere ao aço uma passivação contra a corrosão. Essa camada de proteção de óxidos de ferro protege o aço contra qualquer sinal de corrosão, mas somente se esse concreto mantiver sua boa qualidade e não modificar as suas características mecânicas ou físicas devido à ação de agentes agressivos (Andrade et al., 1986).

A corrosão do aço pode ser avaliada sob a forma de redução da aderência das armaduras principais, manchas superficiais, fissuras, seccionamento dos estribos e destacamento do concreto de cobrimento (Helene, 1993).

É importante ressaltar que um grande número de problemas ocorridos nas obras de engenharia seja devido à má qualidade dos materiais utilizados e ao ambiente aos quais essas estruturas possam estar expostas (Cánovas, 1988).

Em nível mundial têm ocorrido inúmeras perdas devido a problemas ocorridos nas estruturas de concreto armado, como é o caso de metade das 575.000 pontes dos Estados Unidos afetadas por corrosão das armaduras (Tourney, 1993). Mehta (1991), ao avaliar casos de corrosão do concreto armado, salientou que na Inglaterra, de vinte e sete edifícios que ruíram, oito deles foi devido à corrosão das armaduras, e com idades de 12 a 40 anos. Geho (1992) observou que dos 844 casos de patologia ocorridas em 52 províncias espanholas, a corrosão das armaduras era a terceira patologia mais encontrada, ou seja, 15% do total, sendo inferior apenas a deformações excessivas e a fissuras. Também, no Brasil, mais precisamente no Rio Grande do Sul, ficou evidente que dos 1512 casos de patologias ocorridas, 40% desse total fora devido à corrosão das armaduras (Dal Molin, 1988).

No Brasil são constatados casos de corrosão não apenas no sul, e como exemplo disso se pode destacar o caso de uma vistoria realizada na capital de São Paulo por Magalhães et al. (1989) em 145 viadutos e pontes, onde 58% do total apresentavam problemas relacionados à corrosão das armaduras.

Com a corrosão ocorre a expansão do aço e surgem tensões de tração no concreto, as quais produzem fissuras nesse elemento. É importante salientar que depois de iniciada a corrosão essa avança rapidamente ao longo da estrutura.

Por isso, é obvia a importância de um estudo prévio da corrosão na estrutura e, se possível, evitar a iniciação dessa. Portanto, um estudo de durabilidade do concreto armado e conseqüente previsão de vida útil desse material são objetos de pesquisas em diversas intituições, tanto no Brasil como no exterior.

Portanto, para que seja garantida a qualidade destas estruturas, entre outros aspectos, deve haver um maior incentivo na aplicação de modelos para a previsão de vida útil destes elementos. Assim podem ser evitados excessivos custos com a manutenção de uma estrutura, como a correção ou contenção das patologias ocorridas durante a vida útil do concreto, na maioria dos casos muito superiores ao custo da obra.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO PRINCIPAL

O objetivo principal deste trabalho é de pesquisar a dinâmica da penetração dos íons cloretos, ou seja, se há tendência para formação de um pico (Cp), ao longo da espessura da peça, ou se o teor mais alto está na superfície do concreto (Cs) dos tetrápodes existentes no molhe leste da barra de Rio Grande – RS. Para tal, foi realizado um monitoramento do comportamento dos perfis de cloreto para as idades de 5 anos e 9,5 anos, ou seja, o comportamento e o formato das curvas, de Cs_{5anos} ou Cp_{5anos} e de D_{5anos} (difusão de íons cloreto aos 5 anos de idade), assim como de $C_{s9,5anos}$ ou $Cp_{9,5anos}$ e de $D_{9,5anos}$ (difusão de íons cloreto aos 9,5 anos de idade).

1.2.2 OBJETIVOS SECUNDÁRIOS

- Comparar os valores de Cs e/ou Cp encontrados com os valores de outras estruturas existentes e com mais de 20 anos;

- Após traçados os perfis de cloretos e calculado o coeficiente de difusão de íons cloreto ($D_{9,5anos}$), verificar se o mesmo serve como modelo, e, se a resposta for afirmativa, então formular modelo de estimativa para outras idades.

- Devido à influência do grau de saturação (GS) sobre a difusão de íons cloreto no concreto, estimar o GS nos tetrápodes, através de uma comparação com a pesquisa de Rodrigues (2009) devido à semelhança do cimento (ARI-RS) utilizado no concreto dos tetrápodes com o concreto estudado pelo citado autor.

1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A presente dissertação é composta por quatro capítulos como comentados abaixo:

- Capítulo 1: É apresentada a importância e a justificativa do tema, bem como, os objetivos principais e secundários a serem atingidos ao longo dessa pesquisa;

- Capítulo 2: São apresentados os conceitos e aspectos gerais referentes à corrosão das estruturas de concreto armado em ambiente marítimo;

- Capítulo 3: São apresentados os métodos utilizados, resultados e análises utilizados nesta pesquisa;

- Capítulo 4: São apresentadas as conclusões referentes aos estudos realizados nessa pesquisa e sugestões para trabalhos futuros;

2. CORROSÃO DO CONCRETO EM AMBIENTE MARÍTIMO

2.1 AGENTES AGRESSIVOS

Existem diversas razões para que o concreto seja o elemento mais utilizado nas construções da atualidade e entre elas se pode destacar a maior capacidade que esse elemento apresenta em resistir à ação da água. No entanto, a corrosão do aço é uma das causas principais de deterioração desse material, principalmente se essas estruturas encontram-se inseridas em ambiente marítimo.

O concreto deve ser muito bem elaborado para que seja capaz de suportar as ações físicas e químicas (Cánovas, 1988).

As ações do tipo físico são aquelas, por exemplo, devido a reações internas de gelo e degelo, variação de calor, abrasão, quebra por recalques diferenciais e entre outros. Já as ações do tipo químico são devidas a ação de gases da atmosfera (CO_2, SO_2, etc.), a águas puras, ácidas e marinhas, como também devido a compostos fluidos como gorduras e combustíveis (Cánovas, 1988).

Um exemplo de ações químicas é a corrosão do aço no concreto, a qual é considerada eletroquímica (Helene, 1986) e pode resultar em hidróxidos e óxidos de ferro que ocupam um volume superior se comparado com o da barra original do aço (Andrade, 2001; Helene, 1993).

Na corrosão eletroquímica há reações anódicas e catódicas, sendo que a destruição do aço ocorre nas regiões anódicas, enquanto que nas regiões catódicas esse ataque é quase desprezível (Helene, 1993).

O mecanismo da corrosão pode ocorrer da seguinte forma: devido a uma diferença de potencial ocorre a formação de duas regiões no aço, o ânodo e o cátodo. Os íons de Fe^{++} passam para o ânodo (eq. 2.1) enquanto os elétrons livres (e^-) para o cátodo, onde se combinam com oxigênio e água a formar $(OH)^-$ (eq. 2.4).

Esses por sua vez se deslocam até encontrar os íons ferrosos formando, conforme a (eq. 2.2), o hidróxido ferroso (Fe $(OH)_2$) que através de outra reação se transformam em hidróxido férrico (eq. 2.3). Deve-se salientar que os agentes agressivos, como os íons cloreto, aceleram o processo de corrosão. Os íons cloreto quando estão presentes no concreto, mesmo em meio alcalino, podem destruir ou impedir a formação da capa passiva do aço.

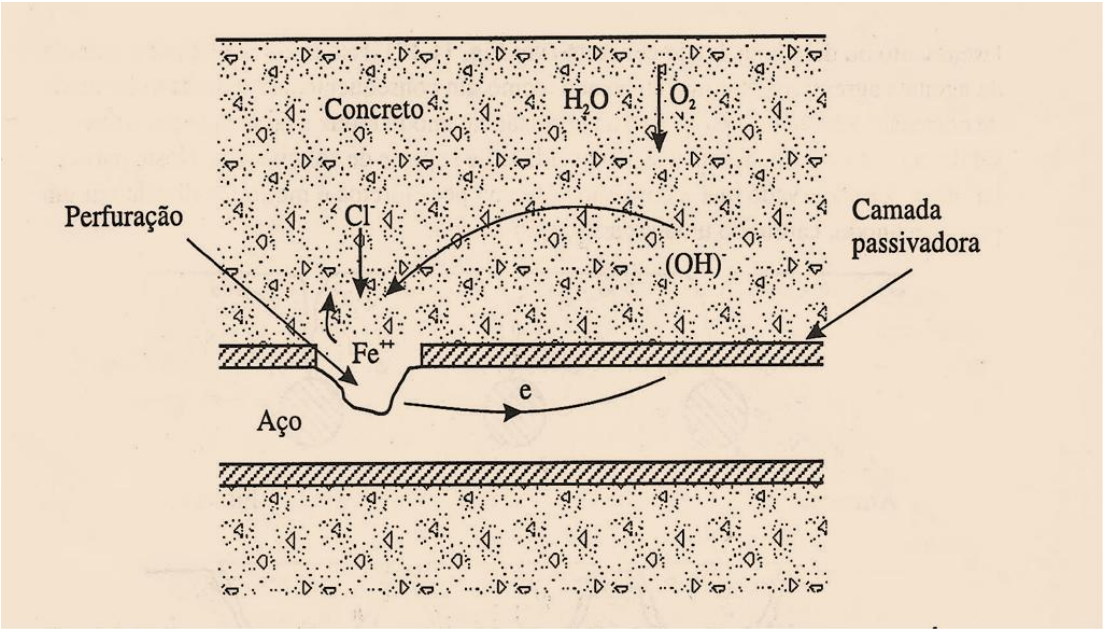


Figura 2.1 - Esquema da corrosão do concreto armado na presença de cloretos (corrosão eletroquímica) (Neville, 1997).

Reações anódicas:

$$Fe \rightarrow Fe^{++} + e^- \quad \textbf{(2.1)}$$

$$Fe^{++} + 2(OH)^- \rightarrow Fe(OH)_2 \text{ – Hidróxido Ferroso} \quad \textbf{(2.2)}$$

$$4Fe(OH)_2 + 2H_2O + O_2 \rightarrow 4Fe(OH)_3 \text{ – Hidróxido férrico} \quad \textbf{(2.3)}$$

Reação Catódica:

$$4e^- + O_2 + 2H_2O \rightarrow 4(OH)^- \quad \textbf{(2.4)}$$

A capa passiva se forma por oxidação direta, ou seja, devido a reação do oxigênio (externo) com o aço do concreto armado, na presença de calor.

Essa película uniforme de óxido de ferro, serve como uma proteção química indefinida para o aço contra a corrosão (Souza, 2005). No entanto, sendo rompida esta capa passivada, a corrosão se inicia, conforme é demonstrado na (Figura 2.1).

Os cátions de ferro presentes na armadura do concreto podem combinar-se com os ânions cloreto resultando em $FeCl_3$ (eq. 2.5) e esse por hidrólise resulta em ânions cloreto e $Fe(OH)_3$ (ferrugem), de acordo com (eq. 2.6) (Helene, 1986).

$$Fe^{+++} + 3Cl^{-} \rightarrow FeCl_3 \qquad \textbf{(2.5)}$$

$$FeCl_3 + 3OH^{-} \rightarrow 3Cl^{-} + Fe(OH)_3 \text{ (ferrugem)} \qquad \textbf{(2.6)}$$

Essas reações prosseguem sem consumir ânion cloreto, por isso, que para maiores corrosões não é necessário grande quantidades de cloretos no concreto.

Para que exista a corrosão deverá haver no interior do concreto (Helene, 1993):

- Um eletrólito, por exemplo, a água está sempre presente no concreto e atua como um eletrólito;
- Uma diferença de potencial no eletrodo, por exemplo, uma diferença de umidade entre dois pontos da barra;
- Oxigênio.

Já Rüsch (1975) salienta que para ocorrer a corrosão no aço deve haver uma diferença de potencial, oxigênio, um eletrólito, mas também dependendo do caso a presença de íons agressivos.

A corrosão eletroquímica é aquela que normalmente ocorre no concreto armado sendo capaz de destruí-lo.

A camada de concreto que envolve a barra de aço é denominada de cobrimento do concreto, a qual tem a função de proteger esse elemento da ação de agentes agressivos, como também de criar uma capa passivante sobre o aço (Rincón et al., 1998). A passivação é preservada por um pH alto da água dos poros do cobrimento em contato com a capa passivante (Neville, 1997). Entretanto, se o pH baixar, com a presença de água e oxigênio, essa película protetora é removida ficando o aço exposto a corrosão. Portanto, a alta alcalinidade deverá ser garantida afim de que o aço no interior do concreto esteja protegido da corrosão.

Fica evidente que a alta alcalinidade só é possível devido à presença do hidróxido de cálcio, Ca $(OH)_2$, componente que se forma da hidratação do cimento. Acredita-se que o pH capaz de manter a passividade do aço seja um valor em torno de 12,5, conforme Gentil (1988).

Enquanto o pH no concreto se mantiver alto, ou seja, acima de 11,5, a alcalinidade da camada de cobrimento se manterá inalterada, levando em conta que não haja a presença de íons cloreto. Entretanto, se a relação Cl^-/OH^- for superior a 0,6 haverá corrosão por cloretos, mesmo para valores elevados de pH, isto porque quanto maior esta relação, maior quantidade de íons cloreto existirá para reagir com o aço (Mehta e Monteiro, 1994).

Outro fator que deve ser levado em conta é a carbonatação. O processo de carbonatação é caracterizado pela ocorrência da combinação do CO_2 do ar ou de águas agressivas com o hidróxido de cálcio $Ca(OH)_2$ (produto que resulta da hidratação do cimento).

Essa reação é capaz de reduzir o pH do concreto para 8,5 a 9, sendo que em águas agressivas a deterioração pode ser ainda maior devido ao excesso de CO_2 (Gentil, 1988). Portanto, o processo de carbonatação pode ser responsável pela redução do pH no concreto (redução da alcalinidade) e sendo assim, desencadear a corrosão, principalmente se todo o $Ca(OH)_2$ se carbonatar (Neville, 1997). Em pasta de cimento carbonatada, mesmo que contenha pequenas quantidades de íons cloreto, poderá se intensificar o risco e a velocidade de corrosão devido ao baixo valor do pH.

O fenômeno da corrosão poderá se apresentar sob várias formas como o de exposição do aço, flambagem de pilares pela perda da aderência entre o aço e o concreto, redução do cobrimento e lascamento do concreto, entre outros (Cascudo, 1994). Após o início da corrosão se pode dizer que a taxa de ataque dessa é determinada pela taxa de reações do ânodo e do cátodo e pelo contato físico entre as áreas da reação (Tuutti, 1982). Enfim, a corrosão eletroquímica pode ser caracterizada por zonas catódicas e anódicas e sua ação pode ser aumentada pela existência de agentes externos que conforme (Helene, 1986) são:

- O dióxido de carbono (CO_2);
- Os íons cloreto (Cl^-);
- Os íons sulfetos (S^{2-});
- O gás sulfídrico (H_2S);
- Os nitratos (NO_3^-);
- O cátion amônio (NH_4^+);

- Os óxidos de enxofre (SO_2, SO_3), etc.

Em obras marítimas o concreto a ser utilizado pode apresentar resultados diferenciados, os quais irão depender de diversos fatores (Guimarães, 1997) tais como: Aditivos, tipo do cimento e da qualidade da execução do material, etc. Torna-se de vital importância que essas estruturas apresentem uma vida útil prolongada e sejam capazes de suportar a todas as ações agressivas do meio ambiente durante o período de tempo previsto (vida útil).

2.1.1 ATAQUE POR CLORETOS

O aço dentro do concreto armado encontra-se devidamente protegido do meio externo se apresentar uma boa espessura de cobrimento. Esse fator é de fundamental importância para que seja garantida a defesa da película passiva do aço contra a corrosão. A espessura de cobrimento dependerá das propriedades do concreto e do ambiente no qual esse estará inserido. Estruturas em ambientes marítimos, por exemplo, deverão apresentar cobrimentos maiores, afim de que haja uma maior proteção da estrutura a esses meios agressivos.

A alcalinidade elevada, ou seja, pH entre 12,7 e 13,8, conforme Longuet (1973) apud Figueiredo e Helene (1994), é capaz de garantir a proteção da armadura do concreto, afim de que seja evitada a despassivação do aço e, portanto a corrosão (Helene, 1986);

A corrosão poderá se instalar se a capa passiva do aço for destruída pela presença de agentes externos agressivos, principalmente pela ação de íons cloreto. Os íons cloreto são considerados os maiores causadores de corrosão no aço do concreto em ambiente marítimo. Esses íons podem estar presentes no concreto (Cascudo, 1997) devido a razões internas, ou seja, pela mistura de agregados contaminados por sais, por aditivos para acelerar a pega, principalmente em concreto de maior idade, quando era empregado este tipo de acelerador. Ou por razões externas, como é o caso de depósitos de sais na estrutura realizados pela ação dos ventos (Neville, 1997).

De acordo com Figueiredo e Helene (1994) as fontes mais comuns, as quais são capazes de originar cloretos no concreto são:

- Aditivos utilizados para acelerar a pega contendo $CaCl_2$, agregados contaminados por sais ou que contenham impurezas indesejadas, água de amassamento que contenha impurezas, sendo que estas são originadas na elaboração do concreto no canteiro de obras (razões internas);

- Utilização de soluções de sais degelantes, águas do mar em estruturas off-shore, atmosfera marinha, processos industriais. Essas são denominadas razões externas, pois ocorrem devido a interação do concreto com o meio ambiente externo.

Os mesmos autores salientam também, que os íons cloreto podem estar presentes no interior do concreto sob as formas:

- Quimicamente combinados na forma de cloro-aluminatos;
- Fisicamente adsorvidos na superfície dos poros do elemento;
- Ou ainda livres nos poros do concreto.

Vale salientar que somente os cloretos livres é que estarão dispostos para reagir com o aço do concreto e são os que causam sua corrosão (Tuutti, 1982 e Cascudo, 1997).

As normas são rigorosas quanto à quantidade permitida desses íons, mas existem diferenças entre esses valores limites de teor de cloretos para os vários países como é descrito na Tabela 2.1.

Tabela 2.1 – Valores críticos de cloreto em concreto armado (Rincón et al., 1998).

PAÍS	NORMA	LIMITE MÁX DE Cl	REFERIDO A
USA	ACI 318	≤ a 0,15% em ambiente de Cl	Cimento
USA	ACI 318	≤ a 0,3% em ambiente normal	Cimento
USA	ACI 318	≤ a 1% em ambiente seco	Cimento
INGLATERRA	CP-110	≤ a 0,35% e menos que 95%	Cimento
AUSTRÁLIA	AS 3600	≤ a 0,22%	Cimento
NORUEGA	NS 3474	≤ a 0,60%	Cimento
ESPANHA	EH 91	≤ a 0,40%	Cimento
EUROPA	EUROCODIGO2	≤ a 0,22%	Cimento
JAPÃO	JSCE - SP2	≤ A 0,6 kg/m^3	Concreto
BRASIL	*NBR – 6118	≤ a 0,05%	Água

*Valor alterado na atualização da NBR 6118 (2003)

Essa diferença para os valores críticos de íons cloreto no concreto ocorre possivelmente devido às diversidades nos tipos de aço, de cimento e também da utilização de componentes que contenham cloretos, ou seja, na elaboração do concreto (Rincón et al., 1998). Um percentual de 0,4% de cloretos em relação à massa de cimento seria um valor limite aceitável no teor de cloretos para a despassivação (Andrade, 1992). A autora salienta também que os íons cloreto podem agir pontualmente na barra de aço do concreto armado chamada de corrosão por pite, conforme a qual pode provocar a ruptura pontual da barra de aço ou, conforme Helene (1993), pode ser considerada como aquela que é distribuída por diversos pontos. Na Figura 2.2 são apresentadas às condições capazes de afetar o limite de cloretos.

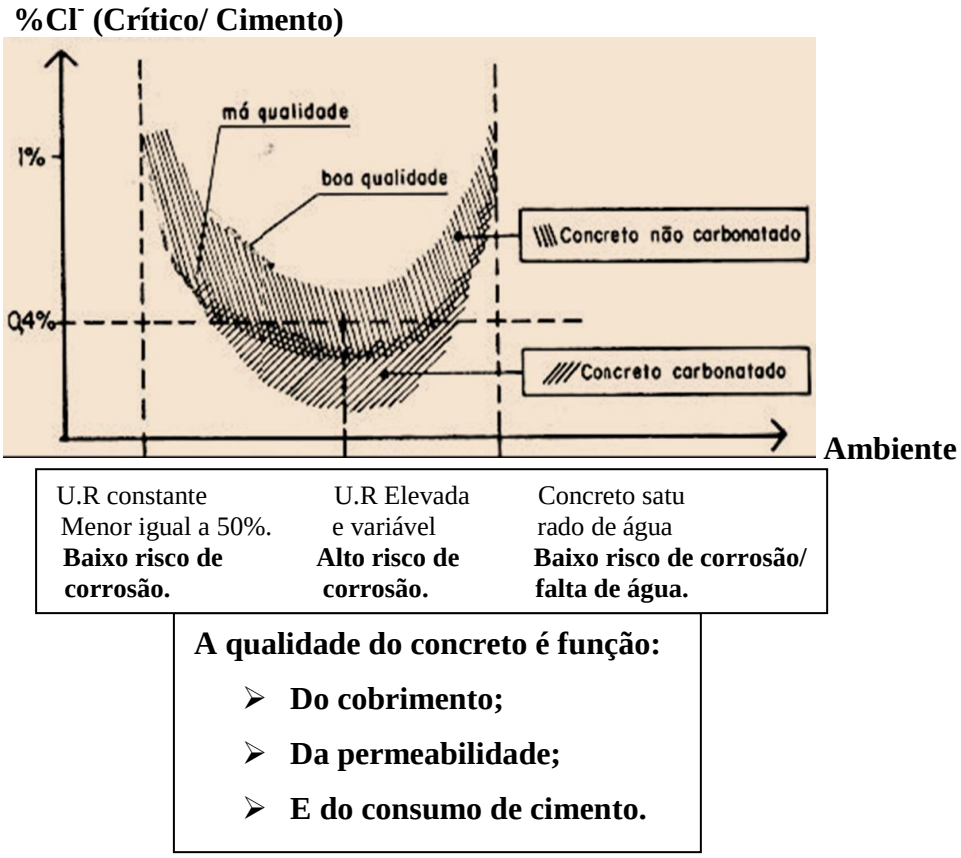


Figura 2.2 – Esquema de variação do teor de cloretos em função da qualidade do concreto e a umidade ambiente Adaptação (Andrade, 1992).

Torna-se importante salientar que esses íons penetram no concreto a grandes profundidades, sendo capazes de causar a corrosão do aço dentro do elemento, e podem ser bastante influenciados nesse sentido, se o concreto estiver sujeito a condições de molhagem e secagem.

Os principais mecanismos de transporte de fluidos no concreto, os quais são capazes de alterar a durabilidade de uma estrutura de concreto armado são: absorção capilar, difusão, permeabilidade e migração (Cascudo, 1997).

São os mais freqüentes e podem agir de forma combinada. Os cloretos, por exemplo, podem penetrar na estrutura de concreto por tais mecanismos, conforme Nepomuceno (2005):

a) Absorção capilar: A absorção é considerada como um meio de penetração de líquidos no concreto que ocorre pela comunicação entre os poros desse material, sendo que não é capaz de ocorrer em concretos saturados. Conforme Helene (1993) esse mecanismo ocorre em poros secos ou parcialmente secos;

b) Difusão: Ocorre devido a uma diferença de concentração de um vapor ou gás (CO_2 ou O_2) ou íons através do concreto (Neville, 1997). A difusão ocorre de forma a equilibrar concentrações diferentes e pode ser expressa pela 1ª lei de Fick (eq. 2.7). Essa equação é expressa para fluxo unidirecional em que o coeficiente de difusão D, além de outros fatores, depende das características das substâncias que compõem o fluído as quais estão presentes nos poros do concreto. A difusão é o principal mecanismo de transporte de íons no concreto, como é o caso dos íons cloreto.

$$J = - D \, dC/dL \qquad \textbf{(2.7)}$$

Onde:

J = Velocidade de transporte de massa ($kg/m^2.s$ ou moles/ $m^2.s$);
D = Coeficiente de difusão (m^2/s);
dC/dL = Gradiente de Concentração (kg/m^4 ou moles/ m^4);
L = Espessura do elemento (m).

Por outro lado, a solução de 2ª lei de Fick para o caso particular de difusão plana semi-infinita (Cranck, 1975), dada pela (eq. 2.8) é utilizada para prever a vida útil de uma estrutura de concreto.

$$C(x,t) = C_0 + (C_S - C_0).\mathrm{erfc}\,(X/\sqrt{4.D.t}\,) \qquad \textbf{(2.8)}$$

Onde:

C(x,t) - Concentração de íons cloreto em relação a massa de cimento na profundidade x a partir da superfície do concreto em dado tempo t (%);
C_0 - Concentração inicial de íons cloreto no interior do concreto (%);
C_S – Concentração superficial de cloretos - admitida como sendo constante - (%);
X – Profundidade de penetração de íons cloreto (mm);
D – Coeficiente de difusão de íons cloreto (mm^2/ano);
t – Tempo (anos);
erfc – Função complementar erro de Gauss.

Deve-se salientar que a (eq. 2.7) considera a difusão em regime permanente, enquanto que na (eq. 2.8) a difusão é para regime não permanente.

c) Permeabilidade: Ocorre devido a uma diferença de pressão onde há a presença de fluidos e gases. A movimentação nos poros capilares pode ser expressa pela primeira lei de Darcy (Neville, 1997) (eq. 2.9).
No concreto a permeabilidade da pasta de cimento fresca se modifica com o progresso da hidratação, pois resulta em um decréscimo da permeabilidade rapidamente. Entretanto, em uma pasta de cimento hidratada esse fator irá depender das características dos poros capilares.

$$V = k \cdot H / x \qquad \textbf{(2.9)}$$

Onde:

V = Velocidade de percolação da água, m/s;
x = Espessura do concreto percolado pela água, m;
k = Coeficiente de permeabilidade do concreto, m/s;
H = Carga hidráulica, em m.c.a.

d) Migração: Ocorre devido há uma diferença de potencial devido à ação de um campo elétrico. Ocorre devido à ação de campos elétricos do concreto com uma migração de íons e é dada conforme a (eq. 2.10).

$$qm = - D_C . \frac{z.F}{R.T} . \frac{dV}{dx} \quad \textbf{(2.10)}$$

Onde:

qm = Fluxo de íons;

Dc = Coeficiente de difusão;

R = Constante dos gases;

F = Constante de Faraday (96.493 C);

T = Temperatura absoluta;

z = Valência do íon;

V = Voltagem.

Os fatores que podem influenciar no coeficiente de difusão são conforme Helene (1993): a distribuição e dimensão dos poros, a natureza do líquido e do material onde ocorre a difusão.

Dentro do concreto armado os íons cloreto reagem com o aluminato tricálcico (C_3A) ou com o ferro aluminato tetracálcio (C_4AF) da pasta de cimento. Portanto, a composição da pasta de cimento endurecida torna-se muito importante para o ingresso desses íons, assim como suprimento de oxigênio e umidade, sendo todos esses essenciais para que ocorra a corrosão, pois devidamente dosada poderá reduzir significativamente a velocidade de corrosão.

Os íons cloreto apresentam grande capacidade de combinar-se com os aluminatos resultando nos cloro-aluminatos de cálcio que são compostos capazes de retardar a difusão dos íons cloretos no concreto.

Page et al. (1986) avaliaram o comportamento da difusão de íons cloreto em diferentes pastas de cimento e constatou que o teor de C_3A é bastante importante, pois é capaz de reagir com os cloretos livres existentes nos poros do concreto e neutralizar a ação desses íons no elemento.

Deve-se salientar que o ingresso de íons cloreto no concreto muitas vezes será diferente e dependerá do local em que a estrutura estiver inserida, como por exemplo, a água do mar em contato com o concreto, sais descongelantes ou até mesmo pela ação de gotas da água do mar contendo cloretos transportados até ao concreto pela ação dos ventos.

Em zonas de respingo, por exemplo, terá mais influência da secagem e molhagem, o que será mais propício ao ingresso de cloreto, pois poderá formar um maior Cs.

A camada de passivação do aço γ-Fe_2O_3 se forma logo após a hidratação do cimento e se torna uma grande proteção para o aço. Mehta e Monteiro (1994), por exemplo, citam que a relação Cl^-/OH^- deve ser baixa, pois mesmo se o pH do concreto estiver acima de 11,5, se a relação Cl^-/OH^- for maior que 0,6, a capa passiva do aço poderá ser destruída. Assim, Figueiredo e Helene (1994) afirmam que a relação Cl^-/OH^- deve ser levada em consideração, pois não deixa de ser um fator bastante influente na despassivação da armadura do concreto armado.Outros fatores, em relação ao concreto, que devem ser levados em conta são: a cura, a umidade relativa, a relação a/c, a carbonatação e também o tipo de cátions ligados ao cloreto e se há ou não a presença de sulfatos, os quais podem ser capazes de contribuir para que seja iniciada a corrosão.

Guimarães (1997) afirma que tanto o aço como o concreto podem ser atacados pelos cloretos, mas isso irá depender do íon ligado ao cloreto.

Devemos lembrar que os sais se movimentam no concreto progressivamente, estabelecendo um perfil de concentração de cloretos. Um perfil de concentração de cloretos ao longo do cobrimento do concreto é destacado na Figura 2.3, onde se pode salientar que a concentração de cloretos diminui com a profundidade

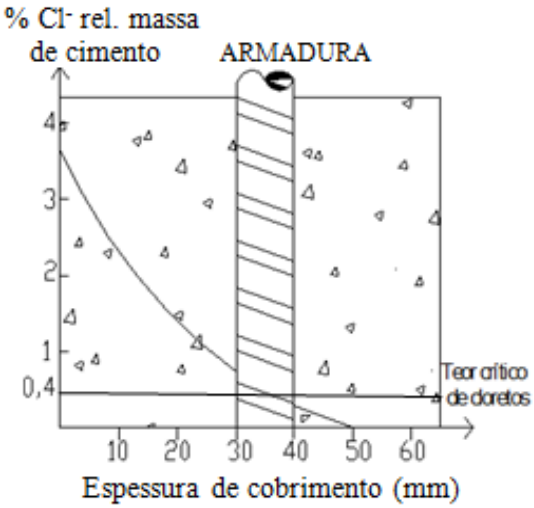


Figura 2.3 – Perfil típico de concentração de cloretos ao longo do cobrimento. Adaptação (Cascudo, 1997).

A profundidade de penetração da frente de ataque de cloretos no concreto pode apresentar-se bastante nociva à armadura do concreto, principalmente se a estrutura estiver em ambiente marítimo e é função do tempo conforme a relação (Andrade, 1992) (eq. 2.11):

$$x = k\sqrt{t} \qquad \textbf{(2.11)}$$

Onde:

x = Profundidade atingida pela frente de ataque de cloretos;
t = Tempo para que essa profundidade seja atingida;
k = Constante que depende principalmente da concentração dos íons no meio externo, da qualidade do concreto e da quantidade de fissuras.

Deve-se ressaltar que a equaão 2.11 é amplamente empregada na previsão do avanço da frente de ataque de um agente agressivo no interior do concreto existente.

Tanto o cloreto de potássio quanto o cloreto de sódio agem de maneira semelhante no concreto, pois aumentam a solubilidade do sulfoaluminato cálcico hidratado e no caso do NaCl esse aumenta a solubilidade do $Ca(OH)_2$.

Os componentes do cimento como os silicatos e os aluminatos hidratados não são atacados pelo NaCl e por isso sobre superfícies carbonatadas de concreto, as quais possuem baixo $Ca(OH)_2$ e alto $CaCO_3$, esse elemento não ataca o concreto. Enfim, não são observados grande danos ao concreto devido a presença de NaCl, somente se existirem em quantidades elevadas.

Os NaCl e KCl, também são capazes de reduzir o risco de deterioração do concreto pela ação de sulfatos. Já o cloreto de alumínio é capaz de atacar concretos de qualidade elevadas (Biczóck, 1972).

Neville (1982), por exemplo, afirma ser o cloreto de cálcio um elemento que possa ser usado como aditivo na massa de cimento do concreto preparado com cimento Portland ou de alto forno a fim de acelerar a cura, pois não ataca o concreto, mas provoca a despassivação do aço.

Deve-se ter bastante cuidado para que as concentrações de cloreto de magnésio no concreto não ultrapassem a 1% a 2%, por isso quando a estrutura de concreto armado estiver em ambiente marítimo devem ser tomadas medidas de precaução, devido à abundância desse elemento na água do mar (Biczók, 1972).

Por outro lado, cloreto de amônio (NH_4Cl) reage com o $Ca(OH)_2$ e o decompõe na forma de cloreto de cálcio, agindo de forma mais perigosa ao concreto do que o cloreto de magnésio ($MgCl_2$), conforme pode ser demonstrado através da (eq. 2.12).

$$2NH_4Cl + Ca(OH)_2 \rightarrow CaCl_2 + 2NH_4OH \qquad \textbf{(2.12)}$$

Por sua vez, o cloreto de cálcio ($CaCl_2$), sendo solúvel, pode ser arrastado em presença de água, o que resulta em um aumento da porosidade do elemento e, portanto, uma maior possibilidade de corrosão.

Em contrapartida, Rodrigues (2009) recomenda que se utilize cimento Portland pozolânico ou cimento com adições de cinza volante na elaboração do concreto que esteja inserido em ambiente marítimo, pois estes elementos estruturais apresentarão maior resistência à penetração de agentes agressivos (íons cloreto), isso considerando uma cura adequada e relação a/c de aproximadamente 0,5. Por outro lado, se o concreto não estiver inserido em ambiente agressivo poder-se-á utilizar o cimento Portland comum, ou para este ser utilizado em ambiente marítimo deve apresentar relação a/c menores e/ou adições de micro sílica, beneficiando sua distribuição de poros.

O processo de carbonatação pode contribuir para o ataque de cloretos ao concreto, pois sua presença contribui para a liberação de mais cloretos combinados, aumentando, portanto, a possibilidade de corrosão da armadura do concreto armado (Neville, 1995).

O tipo de zona em que se encontra a estrutura, também é outro fator que deve ser levado em conta, pois conforme Helene (1986), a intensidade de ataque de sais ao concreto armado é maior em zonas de respingo e maré do que em zonas de névoa e zonas submersas.

2.1.2 ATAQUE POR CARBONATAÇÃO

A carbonatação é um processo no qual compostos da atmosfera entram em contato com o hidróxido de cálcio Ca $(OH)_2$ existente nos poros do concreto (Nepomucemo, 2005) com uma reação de neutralização (Figueiredo e Helene, 1994). Os compostos presentes na atmosfera capazes de produzir essas reações com o concreto são conforme Helene (1986):

- O gás sulfídrico (H_2S);
- O dióxido de enxofre SO_2.
- O gás carbônico (CO_2), que é considerado o principal agente causador da carbonatação no concreto podendo resultar na corrosão do aço (Lima, 2005).

O CO_2, H_2S e o SO_2 são gases que por difusão podem penetrar através do concreto. Dessa forma, ocorrerão reações destes compostos da atmosfera com o hidróxido de cálcio ($Ca(OH)_2$) presente nos poros do concreto, podendo ocasionar uma redução do PH do concreto. Dos compostos existentes na atmosfera capazes de promover esse fenômeno se pode destacar o CO_2 por sua maior abundância na atmosfera.

A carbonatação pode ser caracterizada por um processo lento que pode ser demonstrado de forma simplificada pela equação 2.13 com uma transformação dos componentes do cimento em carbonatos (carbonatação) (Andrade, 1992) (Helene, 1986):

$$Ca(OH)_2 + CO_2 \rightarrow CaCO_3 + H_2O \qquad \textbf{(2.13)}$$

Por isso a importância de um cobrimento adequado ao tipo de concreto (Guimarães, 2000) e da alta alcalinidade nesse meio, a fim de que seja dificultada a entrada de agentes agressivos a esse elemento.

Conforme Helene (1986), a despassivação poderá ocorrer se o pH for inferior a 11,5. A velocidade de carbonatação pode ser expressa pela raiz quadrada do tempo (eq. 2.14), conforme Figueiredo e Helene (1994):

$$e_{CO2} = k_{CO2} \sqrt{t} \qquad \textbf{(2.14)}$$

Onde:

e_{CO2}= É a espessura carbonatada dado em mm;
k_{CO2}= É a constante de proporcionalidade que age de acordo com as características e condições de exposição do concreto dado em mm/ano^{½};
t = É o tempo de exposição do elemento dado em anos.

A constante k_{CO2} depende de todos os fatores que afetam a carbonatação como: a qualidade e resistência do concreto, relação a/c, umidade relativa e materiais empregados na elaboração do elemento.

De acordo com Nepomucemo (2005) e Lima (2005) os fatores que influem na frente de ataque de carbonatação são:

- A umidade relativa: A umidade dentro dos poros do concreto é um fator bastante importante que pode influenciar na carbonatação (Neville, 1982). Figueiredo e Helene (1994) salientam que se os poros do concreto estiverem totalmente saturados o processo de carbonatação pára devido à baixa difusão de CO_2 na água. O mesmo ocorre se os poros estiverem totalmente secos, pois mesmo ocorrendo à difusão do CO_2 para o interior do concreto não existe água para que ocorra a reação de carbonatação do elemento. Rincón et al. (1998) salienta que somente quando os poros estão parcialmente saturados (umidade relativa de 50% a 80%) é que será um ambiente propício para que ocorra esse fenômeno, diferentemente do que ocorrerá se os poros estiverem totalmente saturados ou secos.

- A porosidade: A porosidade também influi na carbonatação de modo que quanto menor o tamanho dos poros menor será a possibilidade de carbonatação (permeabilidade), pois de acordo com Rincón et al. (1998), quanto menores os poros do concreto, se supõe que menor seja a possibilidade de carbonatação devido ao possível maior grau de saturação.

- A quantidade de CO_2 na atmosfera: A velocidade de carbonatação aumenta quando o ambiente possui uma maior concentração de CO_2. A quantidade de CO_2 pode ser diferente de acordo com o meio no qual se faz o estudo (Neville, 1982): Grandes cidades (0,30% em volume), laboratório (0,1% em volume) e meio rural (0,03% em volume).

- A alcalinidade no interior do concreto. Quanto mais baixa a alcalinidade maiores são as chances para que ocorra a despassivação do aço e provoque danos no concreto como fissuras e destacamentos facilitando a penetração de agentes agressivos.

Enfim, a velocidade de carbonatação depende dos fatores (Nunes, 2006): porosidade (que é função da relação a/c), a quantidade de umidade nos poros do concreto e a quantidade de elementos alcalinos para reagir com CO_2.

Figueiredo e Helene (1994) salientam que sendo a porosidade e a permeabilidade influenciadas pela relação a/c, essa última será também importante para o processo de carbonatação, pois quanto menor for à relação a/c, menor deverá ser a porosidade, e, portanto o CO_2 encontrará maior dificuldade para difundir-se através do elemento.

Outro fator que deve ser levado em conta, também, é o tempo de cura, ou seja, quanto menor o tempo de cura, menor será a hidratação do cimento, então maior será a porosidade e a possível frente de ataque ao concreto por carbonatação (Figueiredo e Helene, 1994).

O tipo e quantidade de cimento existente no concreto são outros fatores capazes de influenciar no processo de carbonatação, pois são responsáveis pela quantidade de compostos que irão existir para reagir com o CO_2.

Neville (1982), por exemplo, salienta que cimentos com aditivos demonstram ser menos resistentes a carbonatação que os concretos elaborados somente com cimento Portland comum.

A carbonatação ocorre devido a reações de neutralização de compostos presentes na atmosfera com o hidróxido de cálcio $Ca(OH)_2$ e além desse, todos os outros componentes hidratados do concreto como NaOH e KOH responsáveis pela alta alcalinidade do concreto (Guimarães, 2000 e Bretanha, 2004).

Conforme Figueiredo (2005), o fenômeno da carbonatação no interior do concreto ocorre com o aparecimento de duas zonas com pH diferentes: uma é a carbonatada, com pH menor que 8,0, e outra não carbonatada, com pH maior que 12.

A carbonatação favorece a despassivação da armadura com uma conseqüente destruição da capa passiva do aço e nas zonas de molhagem e secagem é capaz de contribuir para a retração do concreto (Neville, 1997).

Após o início da carbonatação, essa é capaz de atingir as primeiras profundidades com grande rapidez, entretanto nos próximos instantes o avanço da frente de ataque ocorre lentamente para o interior do concreto até atingir uma profundidade máxima. O fenômeno da carbonatação estaciona em uma dada profundidade (profundidade máxima) devido à ação da hidratação do cimento que ocorre ao longo do tempo e também à ação de alguns produtos que se desenvolvem na superfície do concreto, e são capazes de impedir a entrada do CO_2 através do elemento (Helene, 1986).

Andrade (1992) afirma que a presença de cloretos no concreto é capaz de aumentar a penetração de CO_2 para o interior da estrutura, o qual contribui para que existam mais cloretos livres dentro do elemento e como conseqüência desencadear a corrosão.

Mehta e Monteiro (1994) salientam que se o pH no interior do concreto for menor que 7, deve-se avaliar as concentrações de CO_2 ou Cl^- livre no interior do elemento, pois são essas capazes de propiciar um ataque considerável na estrutura.

Figueiredo e Helene (1994) também citam que a penetração de CO_2 é mais rápida no concreto endurecido se esse apresentar fissuras e de acordo com a abertura dessas, a quantidade de água e íons OH^-, a carbonatação poderá ser responsável pela auto cicatrização da fissura.

As fissuras ou perda de pasta de cimento são fatores importantes que devem ser considerados, pois proporcionam uma maior velocidade de carbonatação no concreto (Kazmierczak, 1995).

Giammusso (1992) desenvolveu um trabalho no qual reuniu diversas publicações sobre as experiências práticas do concreto. Nesse trabalho o autor demonstra a influência da relação a/c sobre o tempo necessário (em anos) para a carbonatação até 10 mm e até 20 mm de profundidade no concreto, conforme a tabela 2.2.

Tabela 2.2 - Influência da relação a/c sobre a velocidade de carbonatação (Giammusso, 1992)

Relação a/c	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7
Tempo para 10 mm (anos)	7,5	25	12	07	06	05
Tempo para 20 mm (anos)	330	100	50	30	25	20

Após alguns ensaios realizados por Guimarães (2000) no cais do porto do Rio Grande foi constatado que as profundidades de carbonatação crescem da zona submersa para a zona de névoa.

Em geral a frente de ataque de carbonatação é medida por aspersão de indicadores químicos como a fenolftaleína ou por timolftaleína. Esse método consiste em aspergir esses elementos químicos sobre a superfície recentemente fraturada com o objetivo de determinar a profundidade carbonatada. A fenolftaleína demonstra cor vermelho-carmim se $pH \geq 10$ e incolor se $pH \leq 8,3$.

Por sua vez, o indicador de timolftaleína assume a cor azul se $pH \geq 10,5$ e incolor se $pH \leq 9,3$. O uso desses indicadores pode demonstrar quais as regiões do concreto são mais alcalinas, o que será diferente de outras regiões que apresentará na aspersão indicador incolor, ou seja, redução de pH devido a ocorrência da carbonatação (Kazmierczak, 1995).

2.1.3 ATAQUE POR SULFATOS

O sulfato é um elemento que pode ser encontrado na natureza sobre diversas formas. No que se refere ao concreto existem duas maneiras sobre as quais o sulfato pode atacar esse elemento e como conseqüência acarretar problemas para a estrutura (Mehta e Monteiro, 1994):

- A primeira é a perda progressiva de resistência e de massa devido à deterioração dos produtos de hidratação do cimento;

- A segunda é a expansão do concreto, com aumento da permeabilidade e assim o aumento da ação da água agressiva devido ao aparecimento de fissuras.

Será predominante o processo conforme a concentração e fonte de íons sulfatos como também, a composição do cimento do concreto. A partir daí o concreto fica suscetível a ataques com profundidades cada vez maiores.

Os componentes do cimento do concreto mais suscetíveis à ação dos íons sulfato são os elementos contendo alumina e hidróxido de cálcio.

No que se refere à ação dos íons sulfato no concreto pode-se destacar o sulfato de magnésio e o sulfato de sódio como os elementos mais reagentes com os compostos hidratados do concreto (Neville, 1997).

As reações que ocorrem devido à presença de sulfato de magnésio são:

1) $3MgSO_4 + 3CaO.Al_2O_3.6H_2O \rightarrow 3CaSO_4 + 2Al(OH)_3 + 3Mg(OH)_2$

Reação com sulfoaluminato cálcico hidratado conforme Biczók (1972).

2) $3MgSO_4 + 3CaO.2SiO_2.3H2O + 8H2O \rightarrow 3(CaSO_4.2H_2O) + 3Mg(OH_2) + 2SiO2.H2O.$

Reação na qual resulta a gipsita conforme Neville (1982).

3) $MgSO_4 + Ca(OH)_2 + 2H_2O \rightarrow CaSO_4.H_2O + Mg(OH)_2$

Reação do sulfato de magnésio com o hidróxido de cálcio conforme Mehta e Monteiro (1994).

As reações que ocorrem devido à presença de sulfato de sódio são:

1) $Na_2SO_4 + Ca(OH)_2 + 2H_2O \rightarrow CaSO_4.2H_2O + 2NaOH$

Reação na qual resulta a gipsita e a formação do hidróxido de sódio o qual continua garantindo a alcalinidade do meio (Mehta e Monteiro, 1994).

2) $2(3CaO.Al_2O_3.12H_2O) + 3(Na_2SO_4.10H_2O) \rightarrow 3CaO.Al_2O_3.3CaSO_4.31H_2O + 2Al(OH)_3 + 6NaOH + 17H_2O$

Reação na qual resulta a etringita conforme Lea (1970) e vale salientar que os volumes desses elementos finais originados dessas reações são maiores que os elementos que os deram origem.

Se o sulfato de magnésio estiver em reação com os compostos do concreto é capaz de tornar o elemento ainda mais propício para o ataque por sulfatos, pois essas reações são capazes de reduzir a alcalinidade do meio devido a formação do hidróxido de magnésio $Mg(OH)_2$, o contrário do que ocorre nas reações com o sulfato de sódio (Mehta e Monteiro, 1994).

Os elementos que compõem o concreto também influenciam sobre o ataque por sulfatos como é o caso do tipo de cimento empregado. Neville (1982) afirma que concretos que em sua composição apresentam quantidades inferiores de C_3A serão os mais resistentes à ação desses agentes agressivos. Uma relação a/c baixa também pode contribuir para um melhor comportamento do concreto frente à ação de sulfatos (Neville, 1982). Biczók (1972) comenta que a carbonatação é capaz de tornar o cimento Portland normal resistente a ação de sulfatos.

Os sulfatos são sais de (SO_4^{-2}), que podem ser prejudiciais ao concreto, principalmente se a água conter esses sais, estiver em contato com a pasta de cimento endurecida o que poderá resultar na degradação do concreto por lixiviação (Rincón et al., 1998). De acordo com Biczók (1972) os sulfatos de amônio, cálcio, magnésio e sódio são os mais prejudiciais ao cimento Portland. Em ambiente marítimo, conforme Guimarães (2000), se pode dizer que o ataque por íons cloreto ao concreto é o que ocorre em maior incidência se comparado ao ataque por sulfatos, pois esse é relativamente baixo.

Em um estudo realizado por Guimarães (2000) em obra do Tecon em Rio Grande – RS, o autor observou que o ataque por sulfatos pode ser considerado desprezível em zona totalmente de névoa (PS–ZTN), sendo mais intenso em zona predominantemente de respingo e maré (EI–ZPRM), mas também desprezível, assim como nas zonas predominantemente de névoa e de respingo, ou seja, (PI–ZPN) e (ES – ZPR) respectivamente.

De acordo com Biczóck (1972), a quantidade de íons magnésio ($Mg^{+2}O_4^{--}$) existente no oceano atlântico é de 2800 mg/l. Embora este teor de íons na água do mar seja, conforme a classificação da norma DIN 4030 (1991), considerada severa, a presença do $MgCl_2$ contido na água do mar é capaz de reduzir a ação agressiva do $MgSO_4$ (Biczóck, 1972).

Cabe ressaltar que os sulfatos sólidos não atacam o concreto, somente quando estão dissolvidos e tem-se um baixo teor de C_3A em cimento portland, torna esse mais resistente a ação de sulfatos.

Ambientes onde ocorrem ciclos de molhagem e secagem alternados são aqueles em que o ataque por sulfatos ao concreto ocorre de forma muito acelerada (Neville, 1997).

2.2 DEFINIÇÃO DE VIDA ÚTIL

Tuutti (1980) apresentou um modelo de durabilidade onde se pode ter uma noção sobre o que é a vida útil de uma estrutura de concreto. A partir desse modelo o autor denominou vida útil de projeto os períodos de iniciação e propagação ou tempo antes do reparo (Figura 2.4).

Iniciação é o período de tempo no qual os agentes agressivos (CO_2) ou íons cloreto (Cl^-) penetram no concreto até atingir o aço e desencadear a despassivação. Denominou de propagação como o período de tempo no qual os agentes agressivos são capazes de provocar uma corrosão admissível, que será função da temperatura (T), umidade relativa (UR) e quantidade de oxigênio (O_2) do meio em que se encontra inserida a estrutura (Figura 2.4).

A soma dos períodos de iniciação e propagação é denominada de vida útil total de uma estrutura de concreto armado que é o período de tempo que vai até a ruptura e colapso parcial ou total da estrutura (Tuutti,1980) (Figura 2.4).

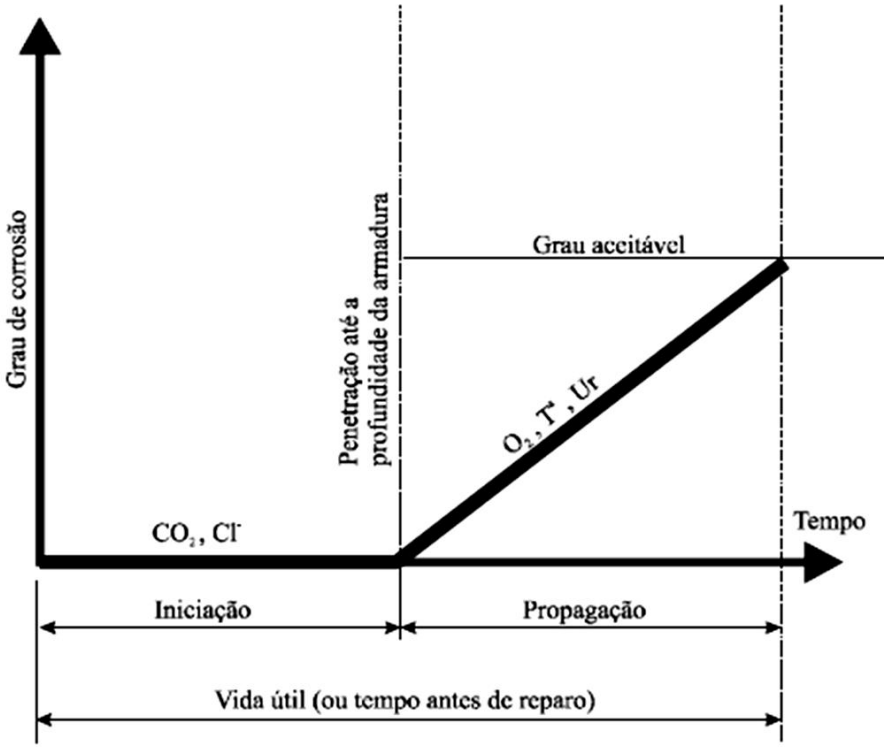


Figura 2.4 – Processo de Corrosão da Armadura do Concreto (Tuutti, 1980).

Helene (1994) apresentou um modelo baseado nas duas fases principais de deterioração do concreto expostos na figura 2.4. Porém, introduziu o conceito de vida útil residual que corresponde a vida útil estabelecida após análise (vistoria) de uma estrutura a uma determinada idade ou após uma intervenção. Porém, convém salientar duas "vida útil residual": uma mais curta contada até o aparecimento de manchas ou fissuras e outra mais longa contada até a perda significativa da capacidade resistente da estrutura (Figura 2.5).

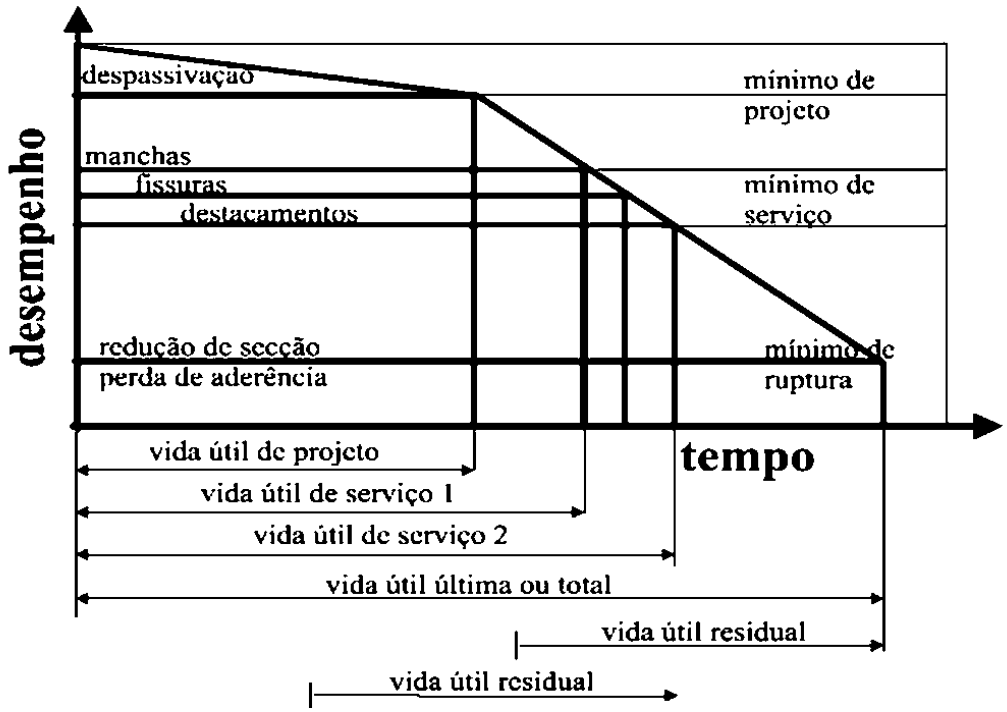


Figura 2.5 – Vida útil das estruturas de concreto armado devido à corrosão da armadura (Helene, 1994).

Vida útil de projeto compreende o período de tempo no qual as estruturas de concreto mantém as suas características, desde que atendidos todos os requisitos de uso estabelecidos pelo construtor e da realização de reparos decorrentes de danos acidentais, conforme NBR6118/2003 (Figura 2.5).

O cobrimento existente no concreto é capaz de constituir uma barreira de proteção ao aço, entretanto, a passividade do aço só será garantida se a alcalinidade do meio se mantiver elevada, conforme já referido, pode-se destacar que os principais fatores que são capazes de destruir essa capa passivadora são a presença de cloretos e a redução do pH devido à presença de substancias ácidas. Portanto, é de fundamental importância conhecer esses fatores, pois são essenciais para se obter uma vida útil prolongada para as estruturas de concreto armado.

Vida útil de serviço é o período de tempo até que apareçam manchas na superfície do concreto ou fissuras no concreto de cobrimento. Está será muito variável e será função do tipo de edificação a qual a estrutura de concreto será destinada. A vida útil de serviço irá depender da função e de maiores exigências sobre a estética da edificação (Figura 2.5).

2.3 AMBIENTE MARÍTIMO

2.3.1 ZONAS DE AMBIENTE MARÍTIMO

Em ambiente marítimo é importante identificar as zonas de agressividade para melhor compreensão do processo de penetração de íons cloreto. Conforme Helene (1986), o ambiente marítimo pode ser dividido em quatro zonas de agressividade:

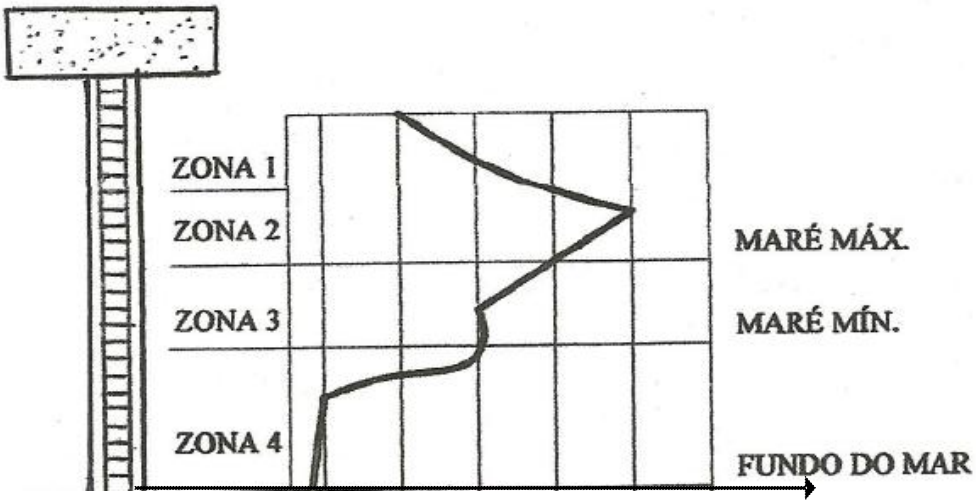
- **ZONA DE RESPINGO:** São os locais onde ocorre o maior ataque por cloretos e, portanto, as zonas de respingo são consideradas as zonas mais atacadas por corrosão, devido à presença de oxigênio e água. Os ambientes sujeitos a respingo são classificados conforme a NBR 6118/2003 como classe de agressividade IV, ou seja, com risco de deterioração de estrutura de concreto armado elevado.

- **ZONA DE VARIAÇÃO DE MARÉ:** Esta é caracterizada por sofrer todos os tipos ataques físico e químico;

- **ZONA DE NÉVOA:** Esta zona situa-se acima da área de oscilação do nível de água.

- **ZONA SUBMERSA:** O concreto está localizado abaixo do nível mínimo da água e as reações corrosivas são do tipo químico.

Na figura 2.6 são representadas essas zonas de agressividade:



TAXA DE CORROSÃO

1 – Zona de névoa

2 – Zona sujeita a respingos

3 – Zona de variação de maré

4 – Zona submersa

Figura 2.6 – Representação esquemática das zonas de agressividade marinha. Adaptação (Helene, 1986).

Observa-se que a maior ou menor quantidade de oxigênio pode contribuir para diferentes graus de corrosão e que irá depender da forma de exposição do elemento estrutural a em relação ao ambiente marítimo. É por este motivo que as zonas de variação de maré e de respingo são as mais críticas no que se refere a problemas de corrosão das armaduras.

É importante comentar que a corrosão das armaduras é 30 a 40 vezes maior em ambiente marítimo do que em ambiente industral (Helene, 1986).

2.3.2 COMPOSIÇÃO DOS ESTUÁRIOS E DE OCEANOS – EM TERMOS DE ÍONS E SAIS

Biczóck (1972) salienta que os teores de íons médios existentes no oceano atlântico são:

- Íons magnésio (Mg^{++}) ≈ 1400 mg/l;
- Íons cloreto (Cl^{-}) ≈ 20000 mg/l;
- Íons sulfato (SO_4) ≈ 2800 mg/l.

O autor mostra também a composição da água do mar conforme a quantidade de sais:

Tabela 2.3: Composição da água do mar (Biczók, 1972).

Sal	g/1000 litros de Água	% em Relação Sal total
Cloreto de Sódio	26,90	78,32
Cloreto de Magnésio	3,20	9,44
Sulfato de Magnésio	2,20	6,40
Sulfato de Cálcio	1,30	3,94
Cloreto de Cálcio	0,60	1,69
Outros(Bicarbonato Cálcio)	-	0,21
TOTAL	34,30	100

Pode-se definir estuário como sendo uma zona semi-fechada que apresenta uma ligação com o oceano, onde a água do mar existente nessa passa a ser diluída pela água doce que venha a provir da drenagem continental (Cameron e Pritchard., 1963).

Como exemplo de estuário se pode destacar a zona de estuário da laguna dos Patos, a qual se comunica através de um canal estreito com o Oceano Atlântico que compreende desde os molhes da barra até a Ilha da Feitoria (Figura 2.7).

Neste estuário, conforme as condições climatológicas, existem diversidades de comportamento das águas na zona estuarina, pois no verão existe predominância de águas oceânicas, por outro lado, no inverno as águas doces são as que dominam o ambiente.

Os Fatores que modificam o comportamento, nesse local, são as chuvas, os ventos, e a profundidade os quais fazem com que o local possa apresentar-se com águas oceânicas no fundo e águas doces em sua superfície (Calliari, 1980).

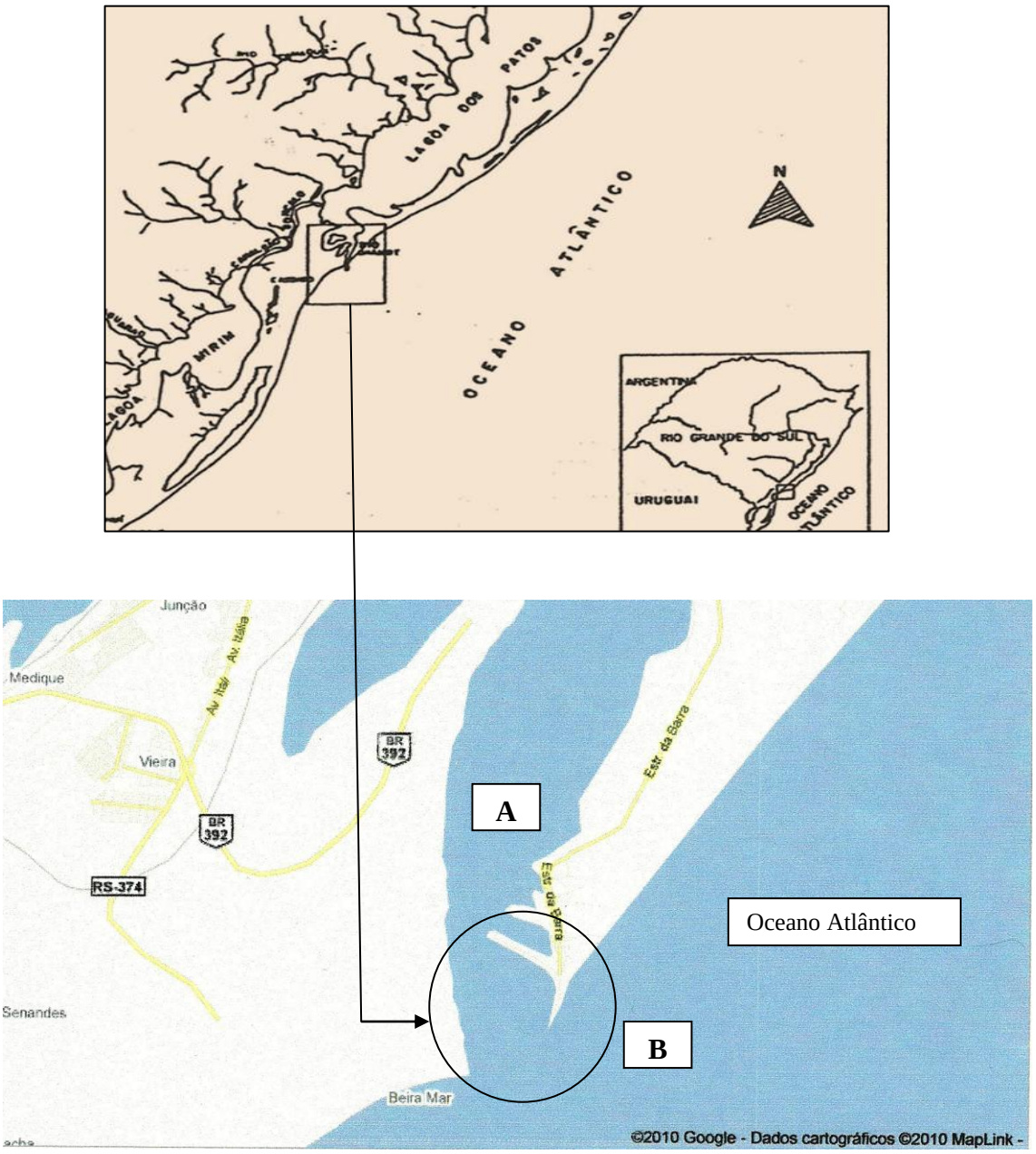


Figura 2.7 – Laguna dos Patos (A) e sua ligação direta com o Oceano Atlântico (B) Adapatação (Baptista, 1984).

Em ambiente marítimo é muito importante se conhecer o grau de salinidade da água, no que se refere à durabilidade das estruturas inseridas nesses locais, portanto deve-se ressaltar que na entrada de estuários podem ocorrer grandes variabilidades nesse fator devido à ação dos ventos e chuvas (Guimarães, 2000).

2.4 FATORES INTERNOS DO CONCRETO INFLUENTES NA INTENSIDADE DE ATAQUE DE CLORETOS

2.4.1 RELAÇÃO ÁGUA/CIMENTO

A relação água/cimento (a/c) é um dos fatores determinantes sobre a distribuição dos poros da pasta de cimento hidratada, pois quanto maior a relação a/c maiores e mais interligados serão os poros da pasta de cimento.

Por esse motivo a relação a/c poderá influir no ataque de íons cloretos sobre o concreto, pois existe uma relação desse fator com a permeabilidade, ou seja, maior será a facilidade no transporte de cloretos. A NBR (6118/2003) determina os valores de relação a/c para concretos da seguinte forma:

- Relações a/c de 0,55 e 0,50 máximas em zonas de atmosfera marinhas para concreto armado e protendido, respectivamente;

- Relações a/c de 0,65 e 0,60 máximas em zonas submersas para concreto armado e protendido, respectivamente;

- Relaçôes a/c de 0,45 em zonas de respingo e maré tanto para concreto armado quanto para protendido.

Algumas normas, inclusive, apresentam diferentes relações máximas de a/c, conforme é exposto na tabela 2.4 a seguir:

Tabela 2.4 – Relação a/c máxima conforme normas para concreto armado em ambiente marítimo.

NORMA	Zonas Agress.	Concreto Armado
BS 8110-1997	-	0,45
EURO- Proposta por (Andrade et al., 1999)	Zona Submersa	0,45
	Zona Resp./Maré	0,40
ACI COMMITTEE 318/318 R – 1996	-	0,40

2.4.2 TIPO DE CIMENTO E ADIÇÕES

O tipo de cimento empregado na elaboração do concreto é capaz de interferir diretamente sobre a durabilidade de uma estrutura de concreto armado, assim como o uso de adições.

Um exemplo disso é o uso de escória de alto forno e cinza volante como aditivos incorporados ao cimento, os quais são capazes de reduzir a penetração de íons cloreto no concreto se comparado com o uso do cimento Portland comum (Bakker, 1988).

Page et al. (1981) ao avaliar o comportamento de diversos tipos de cimento concluíram também, que o cimento com escória de alto forno ou com cinza volante confere melhor desempenho no que tange a durabilidade das estruturas de concreto armado se comparado com a utilização dos outros tipos de cimento, quando considerado ataque por cloretos.

É importante salientar um estudo realizado por Bermúdez (2007) em obras reais de concreto situadas em portos da Espanha. Em sua pesquisa o referido autor estudou 7 molhes os quais foram elaborados com diferentes composições de cimento. Entre os molhes pesquisados por Bermúdez (2007) pode-se destacar os molhes denominados C e G, os quais foram elaborados, respectivamente, com cimento Portland comum e com adição de escória de alto forno. Ficou evidente a partir dos resultados encontrados que o molhe C com apenas 7,5 anos de idade apresentou maior profundidade de penetração de cloretos do que o molhe G já com 31 anos de idade.

Essa resposta sobre o comportamento de uma obra situada em ambiente marítimo só serve para reafirmar que a presença de adições faz com que o concreto tenha um desempenho melhor frente ao ataque de íons cloreto se comparado ao concreto elaborado com cimento Portland comum.

Se o objetivo, em ambiente marítimo, for uma maior durabilidade de estruturas de concreto pode-se utilizar cimento adicionado de cinza volante ou cimento Portland Pozolânico no qual utiliza cinza volante e é capaz de contribuir para a redução da quantidade de clínquer utilizada contribuindo, assim, para uma melhor utilização de suas reservas (Guimarães, 2000).

Conforme estudos realizados por Rodrigues (2009) com cimento ARI e cimento Portland comum, estes materiais não devem ser utilizados na elaboração de estruturas de concreto próximas a zona de névoa, seguindo-se apenas as características exigidas pela NBR 6118/2003.

2.4.3 ESPESSURA DE COBRIMENTO

A espessura de cobrimento tem a função de proteger o aço do concreto armado contra a ação de agentes que possam deteriorar esse material e entre esses agentes estão os íons cloreto. A NBR 6118/2003, por exemplo, determina as seguintes espessuras de cobrimento para concreto armado:

- Para zona de respingo de maré: 45 mm para laje e 50 mm para viga e pilar;
- Para zona de atmosfera marinha: 35 mm para laje e 40 mm para viga e pilar;
- Para zona submersa: 20 mm para laje e 25 mm para viga e pilar.

Vale reafirmar que em estruturas de concreto armado localizadas em ambiente marítimo o cobrimento do concreto deverá ser maior em zonas de respingo e maré do que em zonas submersas, pois nas zonas de respingo e maré o ataque ao aço é maior devido à maior quantidade de oxigênio presente, o qual é indispensável para que ocorra a corrosão conforme a equação 2.3.

2.4.4 GRAU DE HIDRATAÇÃO

O grau de hidratação do concreto é um fator que deve ser levado em conta, pois conforme for o estágio de hidratação, maior ou menor poderá ser a porosidade capilar. Além do grau de hidratação, a relação a/c também será responsável pelo volume de poros capilares existente no concreto, até mesmo depois que a hidratação já tenha sido completada.

2.4.5 CONSUMO DE CIMENTO

O consumo de cimento é a característica do concreto que exerce menor influência sobre a porosidade desse elemento a ação de agentes agressivos, pois nos estudos sobre a previsão de vida útil de estruturas de concreto é a relação a/c que exercerá maior influencia sobre a porosidade do concreto, desde que os espaços entre os agregados sejam totalmente preenchidos pela pasta de cimento.

Na tabela 2.5 é apresentado o consumo mínimo de cimento para a elaboração de concreto em ambiente marítimo, de acordo com algumas normas. Nota-se, através da tabela 2.5 que a NBR 6118/2003 não apresenta restrições quanto ao consumo mínimo de cimento a ser utilizado em concreto que esteja inserido em ambiente marítimo.

Tabela 2.5 – Consumo mínimo de cimento para concreto em ambiente marítimo conforme algumas normas.

Norma	Consumo Mínimo (kg/m^3)	
NBR 6118-2003	Não apresenta restrições	
BS 8110-1997	400	
EURO- Proposta por (Andrade et al., 1999)	Zona Submersa	300
	Zona de Resp./Maré	325
	Zona aérea	300

2.4.6 GRAU DE SATURAÇÃO (GS)

O grau de saturação (GS) pode ser caracterizado como o percentual de teor de umidade no concreto em relação à absorção de água após imersão e fervura, conforme NBR 9778/1987.

Para se ter uma noção do grau de saturação do concreto no dia, pode-se realizar ensaio denominado de GS_{dia}, ou seja, a partir das equações 2.15 e 2.16 obtém-se a $Abs_{máx}$ e Abs_{dia} e da equação 2.17, o GS_{dia}:

$$Abs_{máx} = 100.(Peso_{Sat} - Peso_{seco})/ Peso_{seco} \quad \textbf{(2.15)}$$

$$Abs_{dia} = 100.(Peso_{dia} - Peso_{seco})/ Peso_{seco} \quad \textbf{(2.16)}$$

Onde:

$Abs_{máx}$ = Absorção máxima da amostra no dia;

Abs_{dia} = Absorção da amostra no dia;

$Peso_{Sat}$ = Peso da amostra saturada;

$Peso_{dia}$ = Peso da amostra no dia da extração do concreto;

$Peso_{seco}$ = Peso da amostra após ser seca em estufa.

$$GS_{dia} = 100.(Abs_{dia})/ (Abs_{Máx}) \quad \textbf{(2.17)}$$

Onde:

GS_{dia} = Grau de saturação da amostra no dia da extração;

Guimarães (2000) ao pesquisar a influência do teor de umidade da pasta endurecida de cimento sobre a difusão de íons cloreto em corpos de prova elaborados com cimento ARI, observou grande influência da variação do grau de saturação sobre a difusão de íons cloreto e que essa deve ser considerada nos modelos de vida útil das estruturas de concreto em ambiente marítimo. Na referida pesquisa, o autor moldou 50 corpos de prova (CP's) com 30 mm de diâmetro e 45 mm de comprimento, em moldes plásticos e 5 CP's com 50 mm de diâmetro e 100 mm de comprimento, para ensaios de caracterização.

Os corpos de prova foram divididos em 4 grupos com diferentes valores de GS, sendo que, para calcular os coeficientes de difusão, Guimarães (2000) utilizou a primeira lei de Fick, conforme a tabela 2.6, sendo que a intensidade de ataque de íons cloreto em função do grau de saturação pode ser observado na Figura 2.8.

Tabela 2.6 – Valor do coeficiente de difusão efetivo em função do grau de saturação (Guimarães, 2000).

Grupo	GS previsto%	GS obtido%	Def - cm^2/s
Grupo I	55	57,2±8,8	1,83E-09
Grupo II	75	74,8±8,8	5,66E-09
Grupo III	90	90,2±8,8	6,51E-09
Grupo IV	100	97,7±8,8	2,04E-08

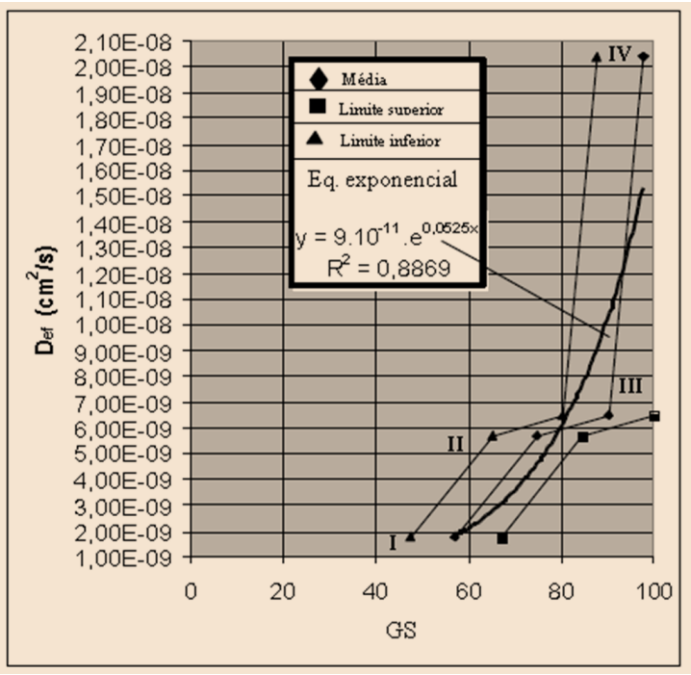


Figura 2.8 – Valores médios do coeficiente de difusão efetivo em função do grau de saturação - confiança de 95 % (Guimarães, 2000).

É importante salientar algumas das considerações de Guimarães, (2000) sobre a influência da variação de GS na difusão de íons cloreto:

- Se a pasta de cimento endurecida estiver com GS de 100 %, todos os poros acima do diâmetro crítico estarão cheios de água e isso facilitará a difusão de íons sendo que a seção transversal por onde os íons sofrem a difusão seria a própria seção transversal desses poros (Figura 2.9);

- Se o GS reduzir de 100% até 85%, para concreto com relação a/c aproximadamente de 0,5, a água na rede de poros com diâmetros maiores que o diâmetro crítico deve diminuir mais acentuadamente (Figura 2.9) e com isso a seção transversal de difusão dos íons diminuirá rapidamente.

- Se o GS for menor que 85 % o coeficiente de difusão deve diminuir com menor intensidade, isso provavelmente ocorra devido ao início da perda de água nos poros menores que o diâmetro crítico, poros esses com menor influência no transporte de massa. Isso deve ocorrer até o momento em que a espessura de água adsorvida nas paredes dos poros com diâmetro maior que os do diâmetro crítico começar a diminuir. Se a espessura de água adsorvida nas paredes dos poros com diâmetro maior que o diâmetro crítico começar a diminuir, o coeficiente de difusão também deverá diminuir rapidamente.

No entanto, na pasta de cimento, houve a influência dos poros menores que o diâmetro crítico, sendo essa influência relativamente pequena quando a pasta de cimento estava saturada.

Deve-se ressaltar que diâmetro crítico é o menor tamanho de poro a partir do qual se estabelece uma rede de poros mais interligada, que permite com mais facilidade o transporte de massa através de um elemento.

Guimarães (2005) alterou este método de ensaio, permitindo calcular o coeficiente de difusão em concreto saturado e concreto não-saturado utilizando a 2ª lei de Fick, ou seja, considerando regime não permanente.

Martys (1999) utilizou um programa computacional em sua pesquisa, com o objetivo de avaliar a difusão em poros médios, sendo considerados cheios com dois fluidos, um molhável e outro não molhável como água e ar. Esse autor correlacionou os GS's da rede de poros interligada simulada, com os coeficientes de difusão estimados da pasta de cimento endurecida e os resultados obtidos apresentaram influência significativa de GS sobre a difusão de íons.

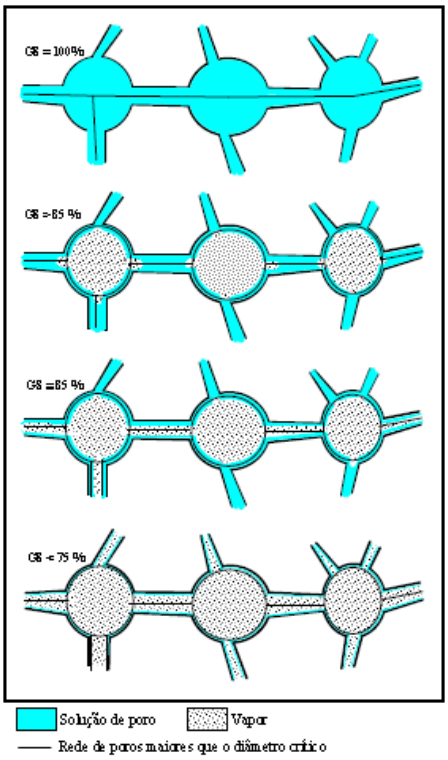


Figura 2.9 – Rede de poros da pasta de cimento endurecida com diferentes teores de umidade. (Guimarães, 2000).

Deve-se salientar que a influência de GS sobre a difusão de íons mostrou-se maior nos resultados obtidos por Martys (1999) do que para Guimarães (2000), entretanto Martys (1999) considerou apenas a rede de poros mais interligados, enquanto que na pasta endurecida temos também a influência dos poros menores.

Climent et al. (2002) também desenvolveram trabalho propondo que a água nos poros do concreto deveria ser considerada quando se estimasse o coeficiente de difusão de cloretos no concreto. Nesta pesquisa os autores contaminaram o concreto com gás de PVC que contém cloreto, sendo que a umidade dos CP's foi controlada durante o ensaio.

Foram calculados os coeficientes de difusão em umidades relativas de 54 %, 75%, 86 % e, maior que 95 % sendo, respectivamente os GS's de 32,6 %, 44,0 %, 56,7 % e 68,6 %. A partir dos resultados, ficou evidente que o coeficiente de difusão aumentou com o aumento da umidade relativa, o qual ocasionou um aumento no grau de saturação. Os dois traços de concreto ensaiados foram elaborados com cimento Portland comum (Figura 2.10).

Segundo Ang Tang (1984) a variabilidade é inerente a qualquer processo natural, portanto, ao se considerar o GS nos modelos de previsão de vida útil, trás a necessidade de verificar o quanto a variabilidade desse fator pode afetar a resposta da estrutura.

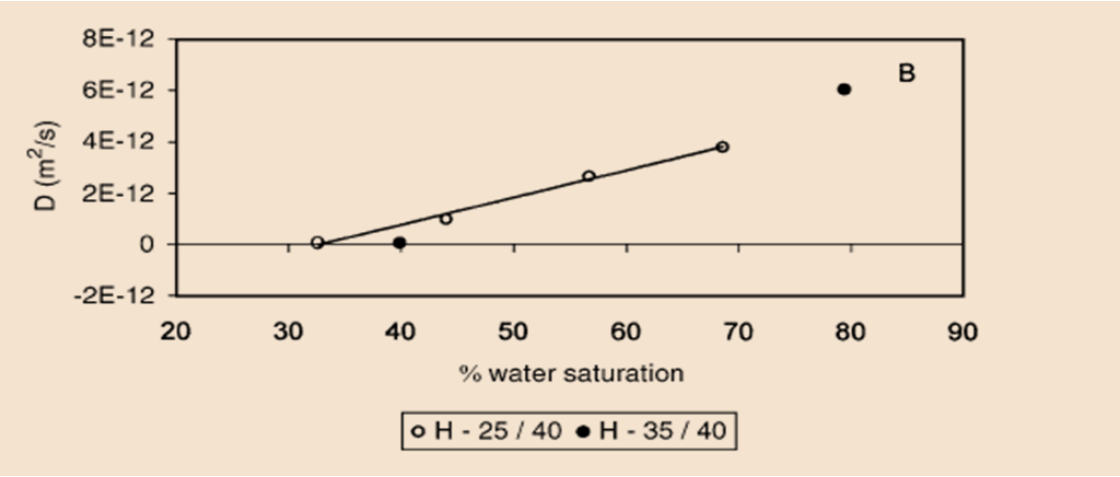


Figura 2.10 – Relação entre o coeficiente de difusão de cloretos e o grau de saturação (Climent et al. 2002).

Souza (2005) desenvolveu um modelo probabilístico sobre o comportamento de GS da pasta de cimento endurecida na previsão de vida útil de estruturas de concreto armado a partir da utilização da 2ª lei de Fick. No referido estudo, o modelo probabilítisco desenvolvido pela autora mostrou-se coerente e que uma variação do micro-ambiente no qual esteja inserida a estrutura resultará em uma diferença nas médias de GS, sendo que as maiores médias de GS foram registradas no inverno. Portanto, é de extrema importância considerar o GS nos modelos de previsão de vida útil e que o uso de seus valores médios sazonais é satisfatório em tal análise.

2.4.7 GRAU DE CARBONATAÇÃO

Bakker (1988) salienta que o ataque por cloreto combinado com ataque por carbonatação aumenta a intensidade da ação corrosiva do aço, pois a carbonatação pode liberar íons cloreto (Cl^-) do concreto endurecido, elevando o teor desses íons livres atingindo uma concentração que pode provocar um intenso ataque ao aço.

2.4.8 TIPO DE SUPERFÍCIE EXPOSTA

O tipo de superfície que sofre o ataque de íons cloreto é outro fator que pode apresentar resultados variados conforme a condição de exposição da estrutura de concreto armado.

Como exemplo, se pode destacar os resultados obtidos da análise dos efeitos da posição da superfície do concreto em relação à superfície de concretagem realizados por Guimarães et al. (1999). No referido estudo os autores compararam o desempenho de superfícies externas de concreto e de testemunhos retirados do interior de corpos de prova, quanto ao ataque de gás carbônico e íons cloreto. Obtiveram testemunhos a partir das faces verticais e horizontais de quatro traços de concreto com diferentes relações a/c e consistência. Os CP's obtidos foram denominados de VT, VF, HL VC e HC sendo, respectivamente, superfície de topo, fundo, laterais e internas (Figura 2.11). Foram realizados ensaios de penetração acelerada de cloretos por diferença de potencial (migração) e de carbonatação em câmara com 100% de CO_2. Após as análises de penetração dos agentes agressivos, os autores constataram que as superfícies externas laterais e de fundo apresentavam um melhor desempenho ao ataque desses agentes do que o topo e as superfícies internas extraídas dos corpos de prova, conforme pode ser observado na tabela 2.7.

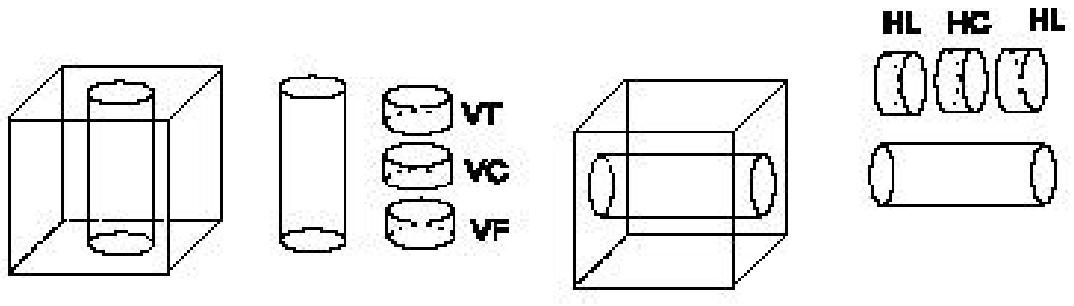


Figura 2.11 – Posição da extração dos corpos de prova (Guimarães et al., 1999)

Tabela 2.7 – Ensaio de penetração de íons cloreto – média dos resultados aos 28 dias de idade (Guimarães et al., 1999).

TRAÇO	**1:6:0,55**	**1:5:0,55**	**1:4:0,55**	**1:4:0,44**
	CP (C)	**CP (C)**	**CP (C)**	**CP (C)**
VT	2885,5	3473,0	*	2626,0
VC	2897,0	3299,5	3158,0	2776,5
VF	2233,0	2532,0	2748,5	1533,0
HL	2481,5	2580,0	3021,5	1937,0
HC	2845,0	3366,0	3763,5	2653,0

* Durante o ensaio a solução aqueceu acima de 90^0.

CP = Carga passante (Coulombs); VT = Face de topo; VC = Faces internas; VF = Face de fundo; HL = Face lateral; HC = Face interna.

A partir dos resultados apresentados na tabela 2.7 também pode-se observar que quanto menor a relação a/c dos CP's, maior é a resistência a ação de agentes agressivos.

É importante ressaltar estudo realizado por Guimarães (2000) no cais do Tecon – Rio Grande, RS, onde ficou evidente a diferença de comportamento do concreto frente ao ataque de íons cloreto devido à diferença dos tipos de superfície em relação à superfície de concretagem. Na referida pesquisa foram analisados dois pontos de estacas pranchas do cais, denominados de ES e ESF os quais representavam as superfícies de topo e de fundo, respectivamente, em relação à superfície de concretagem. A superfície de fundo apresentou um melhor comportamento à penetração de íons cloreto do que a superfície de topo, ambas expostas ao mesmo micro-ambiente.

2.5 FATORES EXTERNOS AO CONCRETO INFLUENTES NA INTENSIDADE DE ATAQUE DE CLORETOS

2.5.1 TEMPERATURA

A temperatura é um fator importante que deve ser levado em conta na vida útil de uma estrutura de concreto, pois a mesma possui a capacidade de aumentar a velocidade dos processos químicos proporcionando maior mobilidade das moléculas, facilitando o transporte das substâncias. Entretanto, a redução de temperatura poderá produzir um aumento importante no teor de umidade da estrutura (Rincón et al. 1998).

A temperatura é bastante importante na penetração de íons cloreto, pois conforme Neville (1997), estruturas inseridas em regiões mais quentes deterioram mais rapidamente do que em regiões frias. Existe uma grande diversidade de opiniões entre pesquisadores a respeito sobre influência da temperatura na penetração de íons cloreto.

Andrade e Goni, 1990 et al. apud Andrade (2001) salientam que com o aumento da temperatura pode ocorrer uma maior mobilidade iônica no interior do concreto, portanto, uma maior facilidade na penetração de agentes agressivos.

Jastrzebski (1987) ressalta que a temperatura pode influir de forma direta na difusão de íons cloreto no concreto, no sentido de quê quanto maior a temperatura maior será a penetração de íons cloreto no concreto.

A partir da equação de Arrhenius se pode demonstrar que a difusão é função da temperatura absoluta em graus kelvin (eq. 2.18).

D_T = Difusividade a temperatura T

D_{T0} = Difusividade efetiva a temperatura T_0

k = Constante de reação

T, T_0 = Temperaturas em graus kelvin.

2.5.2 UMIDADE RELATIVA

Desde que o concreto não esteja saturado, pode-se dizer que a umidade relativa está diretamente relacionada com a quantidade de água no interior desse elemento, ou seja, com o GS, e, portanto influenciará na difusão de cloretos (Peraça, 2009). É importante salientar que a quantidade de água nos poros do concreto irá interferir diretamente na difusão de gases e íons no concreto (Perepérez et al., 1987 apud Andrade, 2001), pois, como por exemplo, a difusão de íons no concreto depende da quantidade de água presente nos poros, então, quanto maior a umidade relativa maior será a quantidade de água nos poros do concreto e, portanto, maior será a difusão de íons através desse elemento.

É importante salientar que a umidade relativa irá depender do local em que se encontra inserida a estrutura de concreto armado, logo, a corrosão deverá ser mais intensa em locais mais úmidos do que em locais secos (Helene, 1986).

2.5.3 CONCENTRAÇÃO SUPERFICIAL DE CLORETOS

Os principais parâmetros que influenciam na concentração superficial de cloretos no concreto armado são: relação a/c, presença de adições, tipo e quantidade de cimento, direção dos ventos predominantes, ciclos de molhagem e secagem e concentração de cloretos no meio ambiente (Helene, 1993).

Em uma análise realizada no México, Garcia et al. (2005) demonstraram que os teores de cloreto podem variar dependendo da posição dos elementos estruturais em relação à incidência dos ventos. Destaca-se que dependendo da direção dos ventos predominantes os íons cloreto podem penetrar de diversos quilômetros para dentro do continente até atingir as estruturas de concreto armado.

Meira (2004) ao estudar a taxa de deposição de cloretos ao longo de meses, ou seja, de novembro de 2001 a agosto de 2003, constatou o aumento da taxa de deposição de cloretos no concreto com o aumento da velocidade do vento, onde ficou evidente a sobreposição do efeito do vento sobre a umidade relativa.

Conforme esse autor, o comportamento da concentração superficial de cloreto condiciona-se, em sua maioria, aos tipos de atmosfera marinha, sendo que esse se modifica com a variação do tempo com a tendência de aumento ao longo do tempo.

Deve-se salientar que o teor de cloreto na superfície do concreto (Cs) é um dos fatores mais importantes sobre a velocidade de penetração de íons cloretos para o interior do concreto.

Outro fator a ser considerado, embora não tenha sido confirmado, é que com o passar do tempo o valor de Cs deva aumentar numa taxa reduzida até atingir a estabilização de aproximadamente 3,5 % em relação à massa do cimento, supondo estudos realizados em obras com mais de 20 anos de exposição.

No que se refere à distância da água do mar, destaca-se o estudo realizado por Nunes (2006) no qual foi apresentado gráfico sobre o teor de cloretos nas camadas externas de estruturas de concreto localizadas há diferentes distâncias da água do mar (Tecon, Estação Marítima de Aquacultura e Terminal Turístico do Cassino) todos localizados na cidade do Rio Grande, RS – Brasil (Figura 2.12).

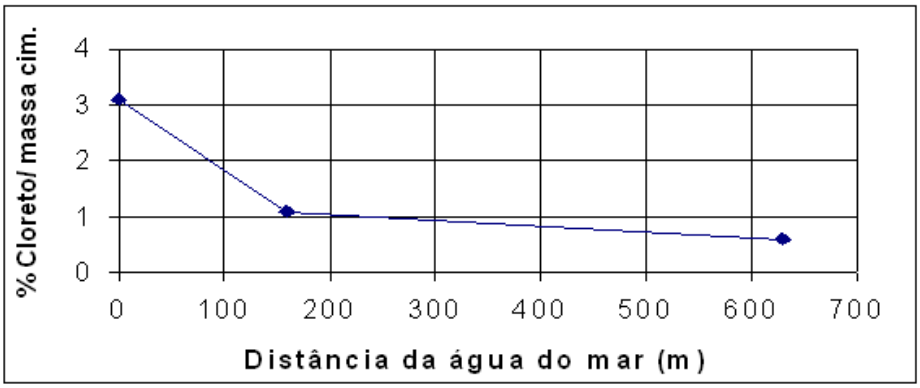


Figura 2.12 – Teor de cloretos nas camadas mais externas de estruturas de concreto em relação à distância da água do mar em Rio Grande – RS. TECON: C_S = 3,1% com distância de zero; EMA: C_S = 1,1% com distância de 160 m; Terminal Turístico: C_S = 0,6% com distância de 630 m. (Nunes, 2006).

É importante comentar um estudo realizado por Castro (2000) em cilindros de concreto expostos por 24 meses a diferentes distâncias em relação ao mar de Progresso em Yucatán - México. Neste estudo os concretos estudados foram elaborados com mesma relação a/c de 0,53 e 3 dias de cura.

Ficou evidente que embora semelhantes, os concretos apresentaram diferentes teores de cloreto ao longo da profundidade do concreto e valores de Cs distintos (Figura 2.13).

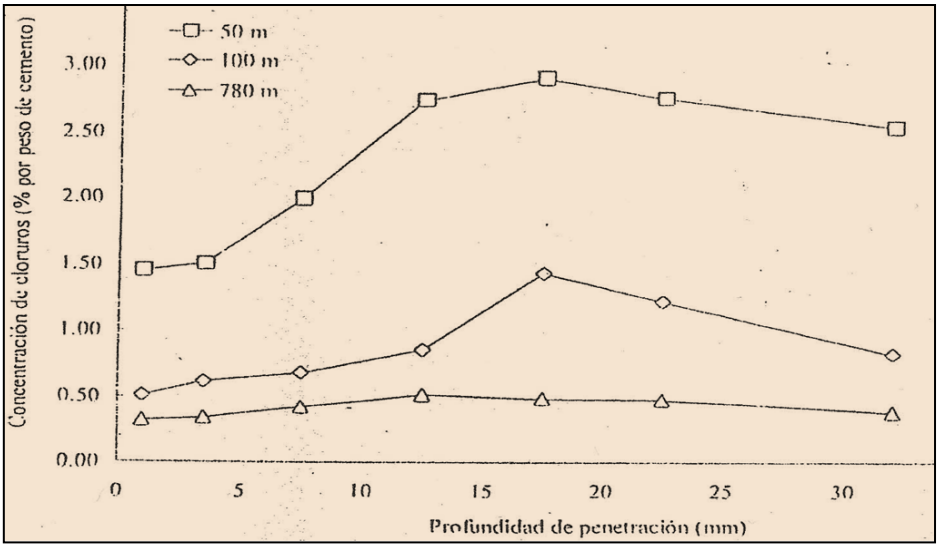


Figura 2.13 – Perfis de concentração de cloreto para concretos com relação a/c = 0,53 e 3 dias de cura, expostos durante 24 meses a 50 m, 100 e 780 m do mar de Progresso, Yucatán no México (Castro, 2000).

Nota-se que, quanto menor à distância ao mar agressivo, maiores são os teores de cloreto na superfície do concreto (Cs) (Figura 2.13), ou seja, com a redução da distância do concreto ao mar de 100 para 50 m, o valor de Cs triplicou de 0,5 % para 1,5 % em relação a massa de cimento.

Considerando ainda a influência da distância em relação à água sobre o valor de Cs é importante salientar um estudo de Castro et al. (2001) sobre a ponte do Lago de Maracaibo. Foram extraídas amostras de concreto e obtidos os teores de cloreto para diferentes profundidades e alturas de uma coluna da referida ponte.

Observa-se a partir da Figura 2.14 que os teores de cloreto no concreto são maiores quanto menor a altura em relação ao Lago de Maracaibo.

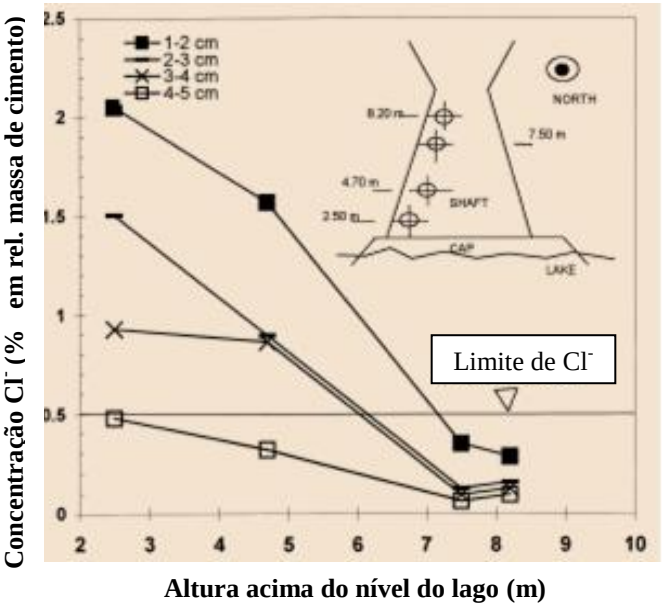


Figura 2.14 – Teores de cloreto em relação à massa de cimento para diversas profundidades e altura de uma coluna da ponte sobre o Lago de Maracaibo. Adaptação (Castro et al., 2001).

A altura em relação ao nível médio da água do mar pode ser considerada outra razão de obtermos diferenças nos valores de Cs, ou seja, quanto maior a distância ao nível médio da água menor será o valor de Cs. Alguns autores (Barbosa et al., 2004; Castagno et al. 2004) realizaram estudos a respeito dessa influência e garantem que a altura do concreto em relação ao nível do mar é um fator muito importante.

Barbosa et al. (2004) estudou o comportamento do teor de cloretos para edifício localizado em Santos, SP – Brasil, a aproximadamente 700 m da água do mar, onde obteve um valor de Cs de 0,5% em relação à massa de cimento para o andar térreo da estrutura. Por outro lado, ao avaliar o mesmo edifício, este autor obteve um Cs de aproximadamente 0,23 % em relação à massa do cimento para o segundo pavimento, enquanto que para os pavimentos mais elevados os percentuais foram ainda menores.

Em estudo realizado por Guimarães et al. (2007) utilizando dados de Castro et al. (2001) no lago do Maracaibo através de método de regressão, evidencia que quanto maior a distância vertical em relação a água menores são os valores encontrados para Cs, como pode ser observado na (Figura 2.15).

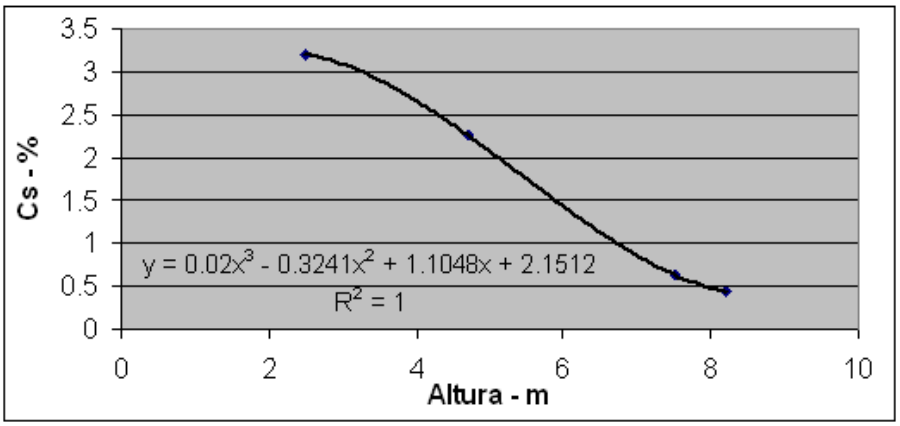


Figura 2.15 – Modelo da influência da altura sobre o valor de C_S (Guimarães et al. 2007).

Conforme a Figura 2.15, os valores de Cs foram de 3,2%, 2,26%, 0,64% e 0,44% de cloreto em relação à massa de cimento, respectivamente para alturas de 2,5 m; 4,7 m; 7,5 m e 8,2 m em relação à água do Lago de Maracaibo, demonstrando que com o aumento da altitude do concreto em relação à água menor será o valor de Cs.

2.6 TIPOS DE PERFIL DE CLORETO E MODELO DE VIDA ÚTIL

Em perfil clássico o maior teor de cloretos no concreto está na superfície, ou seja, contido nos primeiros milímetros do elemento, e que esse valor tende a diminuir para o interior do concreto (profundidade). O perfil clássico é normalmente considerado nos modelos de vida útil de estruturas localizadas em ambiente marítimo, conforme Guimarães et al. (2007).

É comum em obras reais, ao realizar um estudo sobre o comportamento do concreto frente ao ataque de íons cloreto, obter perfis de cloretos clássicos, sendo que em algumas situações podem-se encontrar perfis formando pico.

No perfil formando pico o teor de cloreto aumenta da superfície externa do concreto até uma determinada profundidade, diminuindo deste ponto (pico) em relação a maiores profundidades.

No entanto, ambos os tipos de perfis de comportamento do percentual de cloretos tem importância, pois são capazes de descrever com mais precisão no que se refere à estimativa de vida útil das estruturas de concreto armado.

Esse fator deve ser considerado em estudos de durabilidade das estruturas, pois prediz qual será o provável comportamento da frente de ataque de íons cloreto e quanto tempo levará para que o mesmo seja capaz de atingir o aço do concreto.

2.6.1 PERFIL CLÁSSICO (Formação)

A concentração superficial de cloretos é um parâmetro que apresenta tendência de crescimento ao longo do tempo e irá depender das condições de porosidade do concreto. O fato de essa concentração apresentar maior valor na superfície, possivelmente se deva ao fato de que esteja em contato direto com os agentes agressivos (íons cloreto), sendo que o maior ou menor valor de Cs será função da porosidade do material (Meira, 2004).

Há de salientar que existam diferenças entre o comportamento das camadas mais superficiais do concreto e as camadas internas, possivelmente porque as camadas externas sejam mais porosas ou possam estar sujeitas a condições de carbonatação (redução do pH) denominado de efeito de pele (Andrade e Alonso, 1997 apud Meira, 2004).

Como visto, o ambiente também tem influência sobre o valor de teor de cloretos na superfície da estrutura, onde a salinidade do ambiente, vento, temperatura, insolação e precipitação são fatores importantes. Em função do ambiente em que o concreto esteja inserido o valor de C_S pode apresentar grandes variações.

2.6.2 PERFIL CLÁSSICO (Modelos)

No perfil clássico, normalmente, utiliza-se a 2ª lei de Fick (eq. 2.8) para expressar a previsão de vida útil do concreto. Conforme as medições do teor de cloretos no interior do concreto se determinam valores de Cx(t) e, a partir dessa equação a espessura de cobrimento necessária para que o concreto mantenha suas condições de qualidade mínimas exigíveis.

Guimarães et al. (2007) analisaram a importância do valor de Cs e para tal simularam dois perfis com diferentes valores de Cs, ou seja, de 3,5% e 1,5% em relação a massa do cimento. Em ambos os perfis, os autores consideraram os mesmos valores de coeficiente de difusão e idade, ou seja, D = 1, 48.10^{-9} cm^2/s e t = 50 anos, respectivamente (Figura 2.16).

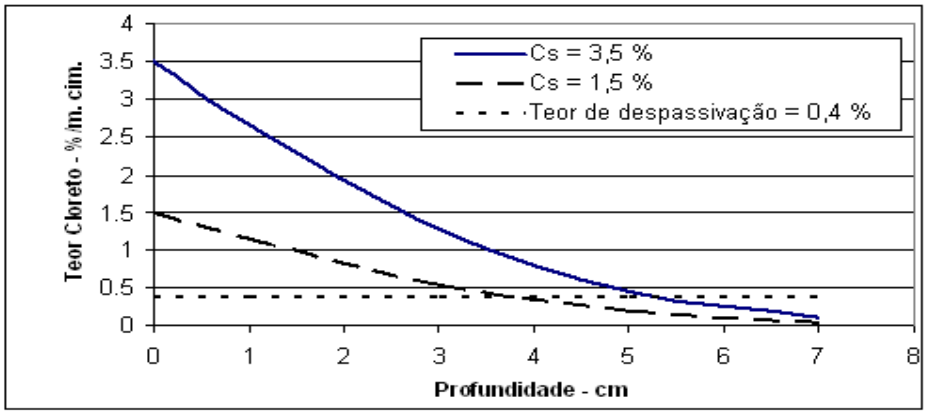


Figura 2.16 – Perfis com diferentes valores de Cs, D = 1, 48,10^{-9} cm^2/s e t = 50 anos (Guimarães et al., 2007).

A partir do traçado dos perfis de cloreto foi observado que para Cs = 3,5% em relação à massa do cimento seria necessário uma profundidade de ataque de 51 mm para que ocorresse a despassivação da armadura, quando Cs=1,5% em relação à massa do cimento seria necessária uma profundidade de 40 mm para a despassivação. Pode ser observado através da Figura 2.16 que nenhum outro parâmetro foi levado em consideração, pois nesse caso variou-se apenas o valor de Cs, onde se obteve uma diferença de 11 mm na profundidade de ataque entre os perfis estudados.

Guimarães et al. (2007) ainda utilizaram o mesmo perfil de Cs=1,5% e verificaram que seria necessário um tempo de 81 anos para que a profundidade de 51 mm fosse atingida, ou seja, uma diferença de 31 anos em relação ao perfil de Cs = 3,5 % em relação a massa do cimento.

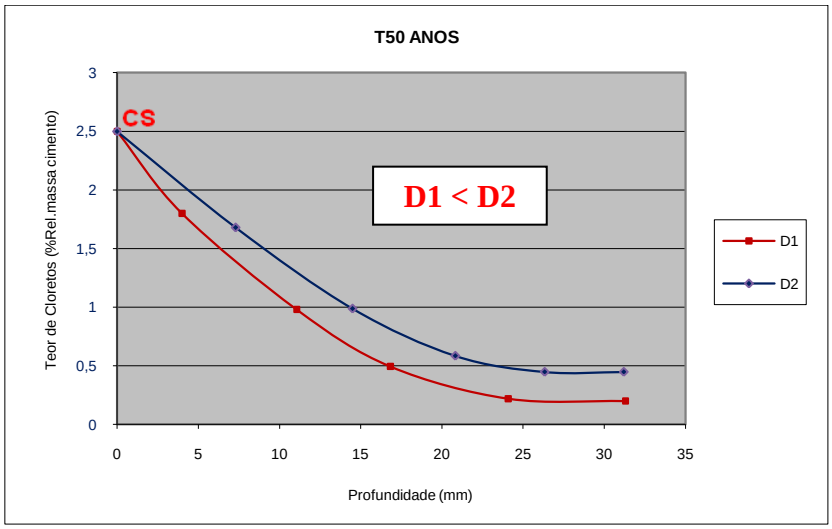


Figura 2.17 – Perfis com valores de Cs iguais e coeficientes de difusão diferentes

Por outro lado, supondo os perfis da Figura 2.17 com Cs = 2,5 % em relação à massa do cimento, mas diferentes coeficientes de difusão, ambos os perfis apresentaram comportamento distintos no percentual de cloretos. Considerando a curva D1 =4,8.10^{-6} mm^2/s, a despassivação do aço ocorrerá por volta de 17 mm de profundidade, enquanto que na curva D2 =3,6.10^{-6} mm^2/s essa despassivação não ocorrerá em menos de 25 mm, considerando para ambos os perfis um tempo de exposição de 50 anos.

De acordo com as Figuras 2.16 e 2.17 pode-se observar a importância de se considerar tanto o coeficiente de difusão como o valor de Cs na previsão de vida útil de estruturas de concreto, pois em ambos os casos esses parâmetros influenciam de maneira direta no comportamento do percentual de cloretos no concreto e, portanto, deve ser levado em conta nos estudos de durabilidade do concreto armado.

No que se refere ao estudo de Cs a equação 2.19, seria uma solução da segunda lei de Fick considerando Cs constante, assim como a equação 2.8 (Crank, 1975).

(2.19)

Onde:

Mt = Massa total de cloretos que sofre difusão no tempo t (%.mm);
Cs = Maior teor de cloretos na superfície do concreto (%);
t = É o tempo de exposição do concreto aos cloretos em que se faz o estudo (anos);
$D_{Csconst}$= Coeficiente de difusão de cloretos no concreto, considerando Cs constante (mm^2/ano);

Por outro lado, a equação 2.20 representa a variação Cs variando linearmente em relação ao tempo, enquanto as equações 2.21 e 2.22 são a solução da segunda lei de Fick considerando esta variação (Crank, 1975).

$C_{x=0}$ = **(2.20)**

Onde:

Csvar = Concentração de cloreto na superfície do concreto, considerado seu aumento com a variação do tempo t (%);
k = Parâmetro que considera a variação de Cs (% /ano);
t = É o tempo de exposição do concreto aos cloretos em que se faz o estudo (anos).

(2.21)

$$Mt = \frac{4}{3} kt \left(\frac{D_{Cs\,\mathrm{var}} t}{\pi} \right)^{1/2} \qquad \textbf{(2.22)}$$

Onde:

D_{Csvar} = Coeficiente de difusão considerando Cs variável no tempo (mm^2/ano);
t = É o tempo de exposição do concreto aos cloretos em que se faz o estudo (anos);
Mt = Massa total de cloreto que sofre difusão no tempo t (%.mm);

erf = Função erro de Gauss.

Já a equação 2.23, representa a variação de Cs em função da raiz do tempo e as equações 2.24 e 2.25 são a solução da segunda lei de Fick considerando esta condição (Crank, 1975).

(2.23)

Onde:

k = Parâmetro que considera a variação de Cs (% .ano$^{-1/2}$);

(2.24)

(2.25)

2.6.3 PERFIL DE CLORETOS FORMANDO PICO (Formação)

O perfil de cloretos formando pico pode ser caracterizado pelo teor de cloretos que aumenta da superfície do concreto até uma determinada profundidade e, a partir daí, tende a diminuir.

O concreto é um material que apresenta uma camada externa de reduzida espessura (pele do concreto) com características mais porosas em relação às camadas interiores (Meira, 2004). Por esse motivo, convém destacar que as camadas superficiais do concreto são aquelas que sofrem os primeiros efeitos do contato direto com o meio agressivo.

O perfil de cloretos que forma pico poderá ocorrer nas seguintes condições:

- Se o concreto estiver sujeito a condições de molhagem e secagem o principal mecanismo de penetração de cloretos é por absorção na camada mais externa;

- Quando o concreto estiver submerso e apresentar-se mais poroso na camada externa que por efeito de pele, poderá ocasionar o aparecimento do perfil formando o pico. Isto pode ser explicado pela maior porosidade numa camada próxima a superfície (camada intermediária), com um deslocamento de pasta para a superfície do concreto, devido à menor quantidade de agregado existente nesse local.

- Se o concreto estiver localizado em zona de maré, como é o caso em saída de estuário, a tendência será a formação do pico. Em saída de estuário o perfil com pico se forma devido à ocorrência de chuvas onde a água doce sobe e, estando em contato direto com o concreto, faz com que a tendência seja a retirada de cloreto do concreto e que o teor na superfície seja menor que em maiores profundidades junto à camada mais externa (Figura 2.18). Nota-se que todos os percentuais anteriores ao pico são inferiores a esse, inclusive o teor de cloretos na superfície do concreto (Cs).

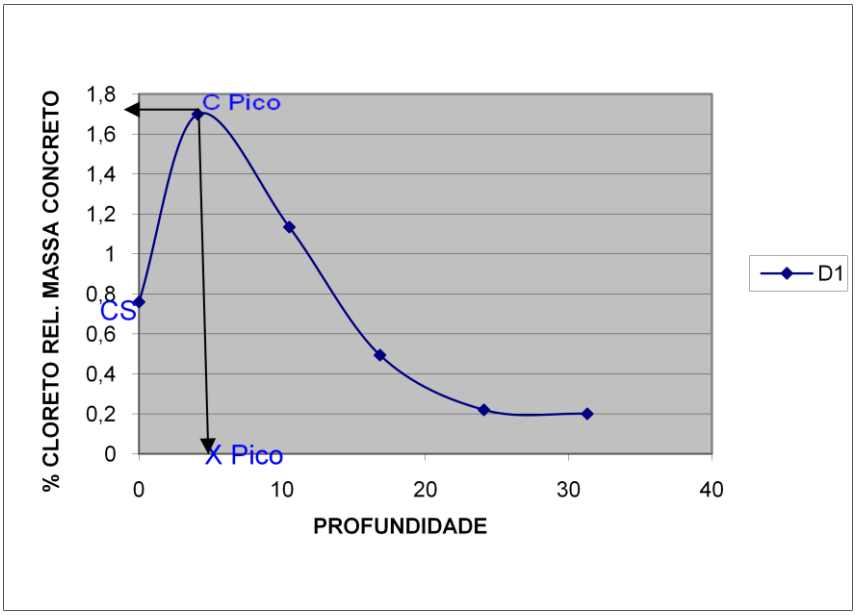


Figura 2.18 – Perfil de cloretos formando pico

Pode-se observar na Figura 2.18 que C_{Pico} é o teor de cloretos no pico e X_{Pico} é a profundidade na qual ocorre o pico.

2.6.4 PERFIL FORMANDO PICO (Modelos)

De acordo com Guimarães e Helene (2004) é usual se obter perfis formando pico não só em zonas de secagem e molhagem, mas também em zonas onde se usa sais de degelo. Um exemplo de perfil de cloretos formando pico é o caso da Figura 2.19 apresentado por Andrade et al. (2000), no qual os autores sugerem que o teor de cloretos no pico deva ser considerado constante e a origem do sistema seja transferida para o referido ponto, isso para um determinado tempo de ataque de cloreto ao concreto.

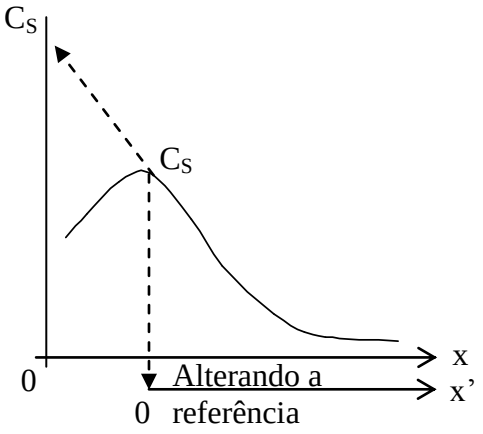


Figura 2.19 – Perfil de cloretos formando pico (Andrade et al., 2000)

Guimarães e Helene (2004) adaptaram modelo de Cranck (eq. 2.26) para perda de material e demonstraram que considerando o teor de cloreto no pico constante pode-se prever o comportamento de uma estrutura de concreto.

$$\frac{Cc_{Cl} - Co}{C_{Seq} - Co} = \text{erfc}\frac{x'}{2\sqrt{D.t}} - \exp(hx' + h^2 D.t).\text{erfc}\left(\frac{x'}{2\sqrt{D.t}} + h\sqrt{D.t}\right) \qquad \textbf{(2.26)}$$

Onde:

Cc_{Cl} = teor de cloretos na posição x';

Co = teor inicial na posição x';

C_{Seq} = teor equivalente de cloretos na superfície externa do concreto;

x' = distância entre o pico e a posição do teor Cc_{Cl} (x'= 0 no pico);

$h = \alpha / D$;

α = constante de proporcionalidade;

t = tempo, considerando t = zero aquele instante em que o concreto começa a sofrer o ataque de cloretos;

erfc (z) = 1 – erf (z).

Conforme Guimarães e Helene (2004), a difusão de cloretos é aquela que ocorre a partir do pico, sendo que anterior a esse, ocorre perda de material no sentido oposto a profundidade do concreto.

O procedimento de manter o teor no pico constante sugerido por Andrade et al. (2000), demonstrou sua importância através da aplicação para estacas prancha do cais do porto do Terminal de Conteiners – TECON situado em Rio Grande – Brasil (Guimarães e Helene, 2004).

É importante salientar que as estacas prancha estudadas pelos pesquisadores encontram-se localizadas em zona predominantemente de respingo e de maré (Figura 2.20).

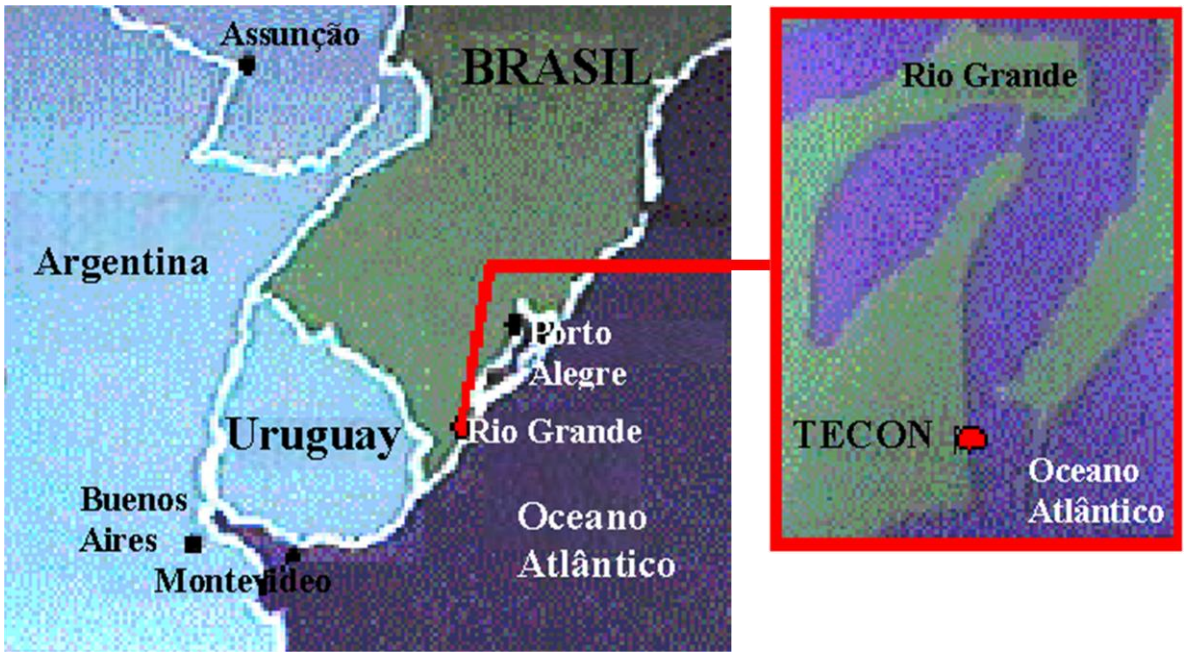


Figura 2.20 – Localização do cais do Terminal de Conteiners – Tecon, Rio Grande – Brasil (Guimarães e Helene, 2004)

O concreto pesquisado por Guimarães e Helene (2004) tinha 22 anos de exposição, sendo que foi elaborado com relação a/c = 0,42, com aglomerante CPIV-25 e 34 % de cinza volante.

Após avaliar os teores de cloreto totais em água, os pesquisadores apresentaram uma adaptação do modelo de Cranck (1975) a fim de prever a vida útil residual do concreto, sendo que para isso transferiram a origem para o ponto de ocorrência do pico, ou seja, 12,5 mm. Guimarães e Helene (2004) estimaram a vida útil das estacas prancha, onde consideraram $C_0 = 0$ e um cobrimento para as barras de aço não inferior a 60 mm. A partir desse procedimento os autores obtiveram um tempo de vida útil para estas estruturas de 49 anos dos quais 27 anos seria o tempo de vida útil residual.

É importante salientar que nesse procedimento os pesquisadores consideraram x´ = 0, no ponto do pico, conforme a equação 2.26.

Os resultados obtidos por Guimarães e Helene (2004) são apresentados na Figura 2.21, onde se pode observar o perfil que representa as medições aos 22 anos e o perfil aos 22 anos obtido a partir do modelo. Da mesma forma, foram traçados os perfis de comportamento de cloretos no concreto para 50 anos e 100 anos de idade.

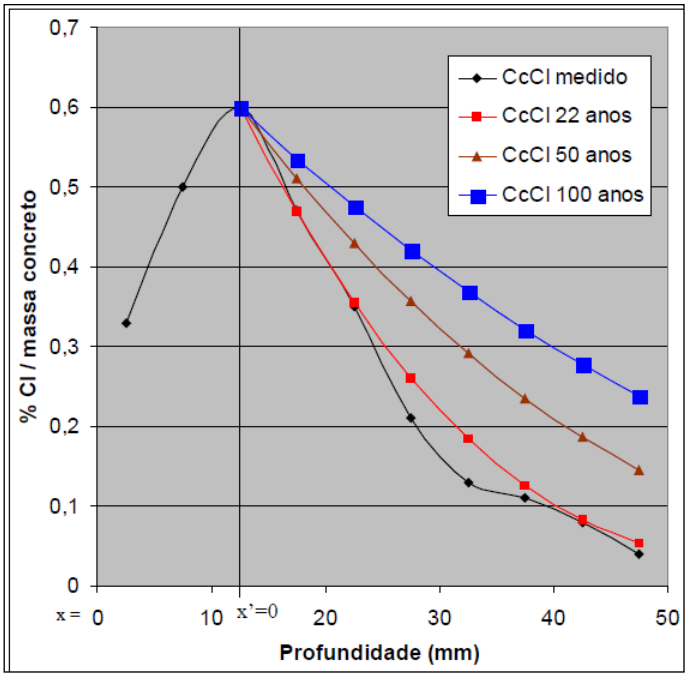


Figura 2.21 – Perfis de cloreto: medidos na idade de 22 anos; utilizando o modelo proposto para 22 anos; utilizando o modelo proposto para 50 anos; utilizando o modelo para 100 anos (Guimarães e Helene, 2004)

Deve-se ressaltar que caso Guimarães e Helene (2004) considerassem a curva teórica da idade de inspeção (22 anos) para prever a vida útil obteriam uma vida útil de 44 anos, ou seja, uma vida útil residual de 22 anos, cinco anos a menos que o previsto considerando o modelo proposto na referida pesquisa.

A partir dos resultados expostos na Figura 2.21 observa-se que a adaptação do modelo de Cranck (1975) realizado por Guimarães e Helene (2004) estão de acordo com o proposto por Andrade et al. (2000), ou seja, os perfis de cloreto estimados seguem de acordo com a 2ª lei de Fick.

Fica evidente a importância dos modelos propostos tanto por Andrade et al. (2000) quanto por Guimarães e Helene (2004) na previsão do comportamento do concreto em zonas onde ocorram ciclos de molhagem e secagem.

2.7 COMENTÁRIOS

Nos estudos realizados sobre a penetração de íons cloreto em estruturas de concreto é de vital importância conhecer o verdadeiro comportamento dos perfis de cloreto em estruturas de concreto e se nesses, o teor máximo de cloretos é na superfície (Cs) ou se ocorre à formação de um pico (Cp). Em estruturas reais de concreto é comum se obter perfis de cloreto com um teor maior na superfície (Cs), sendo que em poucos casos se observa perfis formando pico, como foi o caso das estacas pranchas de concreto do Terminal de Conteiners localizado no sul do Brasil (Guimarães e Helene, 2004) e os resultados dos perfis obtidos por Meira (2004) em pilaretes expostos a diferentes distâncias em relação a água do mar na região de João Pessoa – PB.

É importante se conhecer o valor de Cs ou Cp, pois a partir destes parâmetros torna-se possível estimar com mais precisão a vida útil de uma estrutura de concreto armado. No caso de vida útil de projeto, quando se adota uma vida útil , pode-se prever, com maior precisão, qual o cobrimento necessário para que em um determinado tempo de uso o aço do concreto armado não seja despassivado.

3. EXPERIMENTO

3.1 AMBIENTE E ESTRUTURA PESQUISADA

A obra pesquisada localiza-se no molhe leste da barra do Rio Grande–RS. Os molhes têm a finalidade de manter a profundidade do canal de acesso ao complexo portuário da cidade do Rio Grande, e dar segurança às embarcações que dele se utiliza. Foram construídos nos anos entre 1910 e 1919, partindo do litoral para o oceano, sendo que o molhe leste tinha um comprimento de 4220 m (Foto 3.1) e o molhe oeste com 3160 m (Guimarães et al., 2003).

Foto 3.1 – Molhe leste com 4220 metros de comprimento mar a dentro (Guimarães et al., 2003).

No entanto, devido aos ventos fortes naquele ambiente, em 1995 houve a necessidade de obras de recuperação dos molhes, além de um aumento no comprimento do molhe oeste de 3160 m para 3800 m (Guimarães et al., 2003).

No molhe leste, onde a força das águas é maior, foi executado reforço com a colocação de aproximadamente 10.000 tetrápodes. Esses elementos elaborados com concreto massa e peso de 8 toneladas cada, possuem uma barra de aço de 25,4 mm de diâmetro, formando um gancho na perna superior do tetrápode (Foto 3.2). Vale salientar que as barras de aço foram inseridas apenas com o objetivo de transporte dos tetrápodes, não apresentando nenhum reforço estrutural a esses elementos.

Foto 3.2 – Transporte dos tetrápodes de 8 toneladas aos molhes da Barra (Guimarães et al., 2003).

Nos exames visuais ficou evidente a presença de caminhos de bolhas de ar no concreto, confundidas a princípio com fissuras (Foto 3.3).

Foto 3.3 – Tetrápodes com bolhas de ar visíveis a olho nu (Guimarães et al., 2003).

3.2 CARACTERÍSTICAS DOS TETRÁPODES

O cimento utilizado para a execução dos tetrápodes foi o cimento Serrana, cimento Portland especial para pré-moldados – CEP – 32, o qual apresentou finura Blaine entre 390 e 440, conforme ensaios do fabricante, com teor de C_3A inferior a 8% (FURG, 1997-1998 e CIENTEC, 1997). O ensaio químico realizado no CIENTEC-RS (1997) apresentou os seguintes teores no cimento CEP-32: 55,03% de CaO, 19,62% de SiO_2, 4,43% de AL_2O_3, 3,30% de Fe_2O_3 e 2,8% de SO_3.

Este cimento apresentou 32,45% de C_3S, 31,77% de C_2S, 6,16% de C_3A e 10,04% de C_4AF, segundo a equação de Bogue. Deve-se salientar também, que o cimento utilizado na elaboração dos tetrápodes era alta resistência inicial e resistente a sulfato contendo aproximadamente 12 % de cinza volante.

Conforme os relatórios da obra, foram utilizados pedra granítica como agregado graúdo e areia quartzosa como agregado miúdo. Embora a água utilizada na cura do concreto apresentasse teores de sulfato de 100 mg/l, pH de 7,3, resíduo sólido de 250 mg/l e matéria orgânica em O_2 consumido de 1,2 mg/l e teores de cloretos de aproximadamente 430 mg/l, a mesma pôde ser utilizada, pois as quantidades dos seus componentes apresentavam-se permissíveis pela norma NBR 6118 (FURG, 1997-1998). O concreto deveria alcançar 15 MPa para ser considerado propício para desforma, o que era previsto para 24 h, e a resistência à compressão nominal aos 28 dias de projeto era de 26 MPa. De acordo com os relatórios da obra não era previsto o uso de aditivos na elaboração do concreto. A relação a/c variou bastante, ou seja, de 0,37 a 0,60 (FURG, 1997-1998), sendo que a maioria dos valores se apresentaram em torno de 0,50. A resistência à compressão aos 28 dias (fck) apresentou valores entre 27,6MPa e 53,3MPa, sendo que a média destes foi de aproximadamente 32MPa (FURG, 1997-1998).

3.3 OBTENÇÃO DAS AMOSTRAS DE CONCRETO DOS TRETRÁPODES

Com o objetivo de desenvolver um modelo de penetração de cloreto em concretos e ambientes similares aos tetrápodes, Guimarães et al. (2003) realizaram um estudo que consistiu na retirada de amostras em 4 micro-ambientes, sendo cada um desses representado por 2 tetrápodes. Foram realizados estudos dos perfis de cloreto como também exames visuais nestas estruturas. Ficou evidente, embora se tratando de concreto massa, a importância do monitoramento ao longo do tempo desses elementos para um caso de concreto contendo barras de aço, pois com apenas 5 anos de idade já apresentavam altos teores de cloreto. Embora, Guimarães et al. (2003) tenham obtido amostras dos 4 micro-climas, de apenas dois destes foram traçados os perfis de cloreto.

Devido à importância desse estudo para obter um monitoramento do comportamento de uma estrutura de concreto, aos 9,5 anos de idade, foram avaliados os mesmos pontos estudados por Guimarães et al. (2003) e realizados ensaios nas amostras de 5 anos que não haviam sido utilizadas no trabalho de Guimarães et al. (2003).

Os pontos foram escolhidos de forma a serem representativos em relação ao comportamento da ação da água do mar e dos ventos naquele local, em uma mesma seção no molhe. Os pontos escolhidos foram denominados por MLLS, MLLM, MLOM e MLOI do molhe leste da barra (Figura 3.1). Na foto 3.4 são apresentados o molhe oeste (A), o molhe leste (B) e a seção onde estão localizados aproximadamente os tetrápodes (representada pela seta).

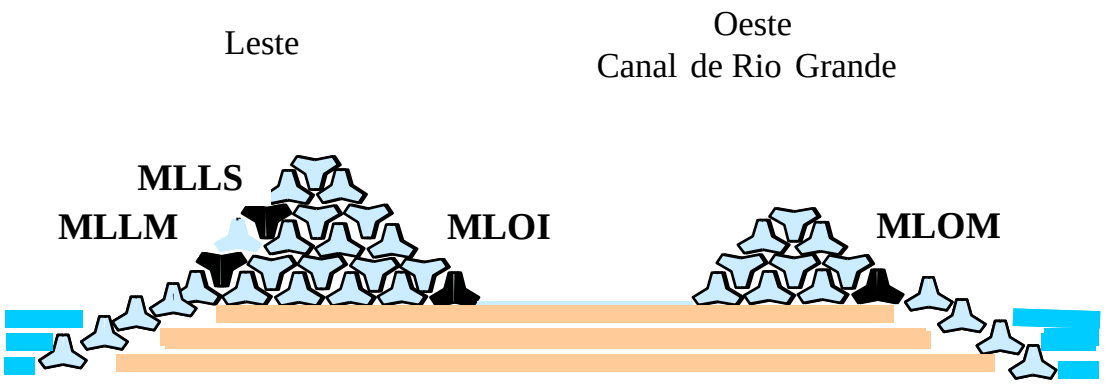


Figura 3.1 – Molhe leste da Barra do Rio Grande – Seção transversal onde se localizam os micro-ambientes estudados (Guimarães et al., 2003).

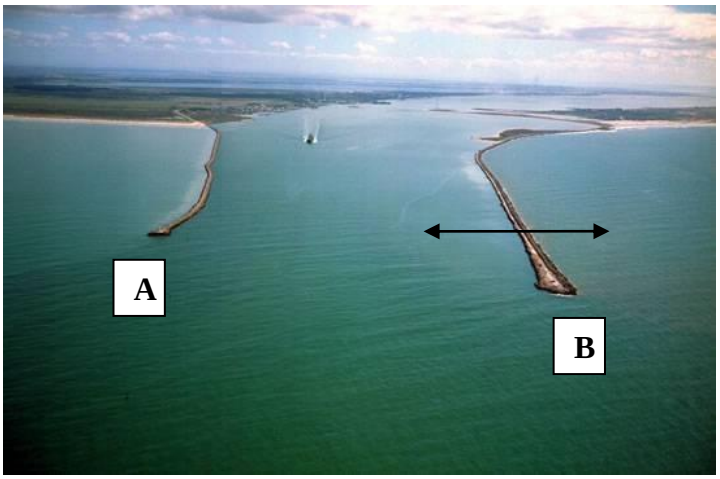


Foto 3.4 – Molhes da barra do Rio Grande – A: molhe oeste; B: molhe leste; Seta: indica a seção onde estão localizados os 4 micro-ambientes estudados.

O significado das siglas utilizadas na denominação dos micro-ambientes pesquisados são:

- MLLS – Micro-ambiente localizado no molhe leste, voltado para leste e em uma cota superior;
- MLLM – Micro-ambiente localizado no molhe leste, voltado para leste e em uma cota média;
- MLOM – Micro-ambiente localizado no molhe leste, voltado para oeste e em uma cota média;
- MLOI – Micro-ambiente localizado no molhe leste, voltado para oeste e em uma cota inferior.

As amostras de concreto foram obtidas com furadeira especial, provida de recipiente para coleta de material e controlador de profundidade (Foto 3.5). O material foi extraído de camadas de 5 mm desde a superfície externa até a profundidade de 50 mm, sendo que os materiais de mesma camada de dois tetrápodes formaram apenas uma amostra, cujo resultado representa um teor médio desses tetrápodes. Portanto, foram extraídos materiais de 10 furos em cada tretápode, totalizando 20 furos por micro-ambiente.

Foto 3.5 – Furadeira utilizada na extração das amostras micro-ambiente MLLS aos 9,5 anos e os 10 furos realizados aos 5 anos.

Os equipamentos utilizados para extração das amostras (Foto 3.6) consistiram em:

Foto 3.6 - Equipamentos utilizados na coleta das amostras.

- Furadeira especial – Utilizada para extração das amostras;
- Paquímetro – O paquímetro foi utilizado para a medida de distância entre os furos (Foto 3.7), mas a função principal deste dispositivo foi para medir a profundidade dos furos;
- Frasco Lavrador (pisseta), sem água – ou qualquer recipiente que possa ser utilizado para aspergir o furo, a fim de aproveitar ao máximo todo o pó de cada furo (Foto 3.8);
- Recipiente para armazenar o material extraído – Qualquer recipiente que seja capaz de armazenar o material referente a cada camada, sendo que os materiais da mesma camada de dois tetrápodes formam uma amostra cada.

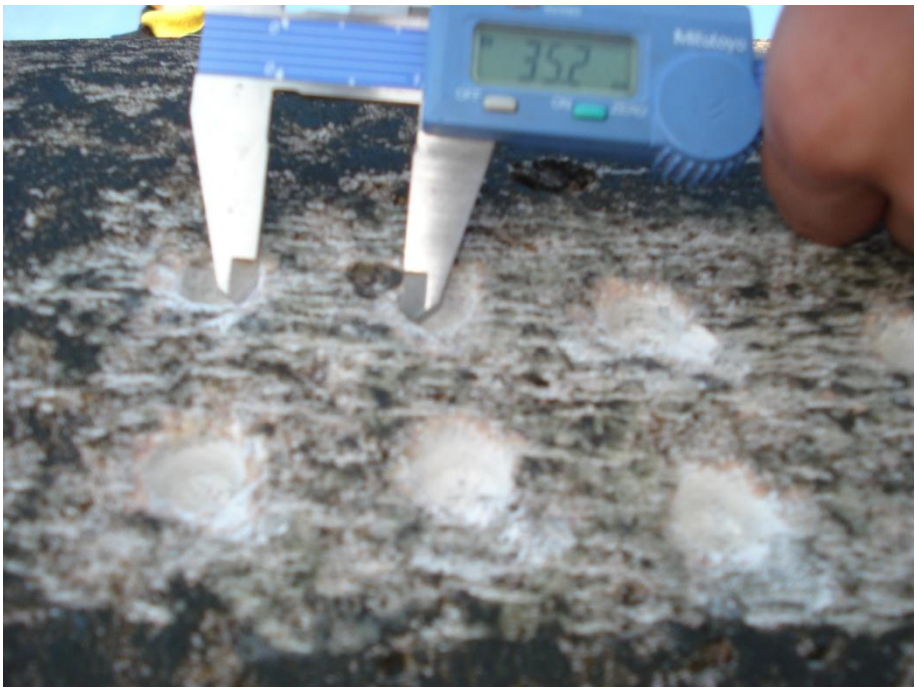


Foto 3.7 – Utilização do paquímetro para medir a distância entre os furos.

Foto 3.8 – Limpeza de cada camada com a retirada do restante de material.

Na Foto 3.9 são apresentados os furos realizados na extração das amostras para o micro-ambiente MLLS, nas idades de 5 e 9,5 anos.

Foto 3.9 – Os dez furos aos 5 anos e os dez furos aos 9,5 anos micro-ambiente MLLS.

A retirada das amostras aproximadamente na idade de 5 anos foi realizada em janeiro de 2003 por Guimarães et al. (2003). As amostras de concreto representativas para a idade de aproximadamente 9,5 anos foram coletadas em 06/06/2007. Em ambas as extrações, as amostras foram coletadas conforme os passos descritos acima, os quais seguiram rigorosamente a norma NBR 9917/1998. Foram enviadas 20 amostras de concreto ao laboratório de análises inorgânicas da CIENTEC-RS para a determinação do teor de cloreto. O método de determinação de cloretos foi por mercurimetria.

3.4 MICRO-AMBIENTES ESTUDADOS

3.4.1 Micro-Ambiente MLLS

O micro-ambiente MLLS pode ser caracterizado por encontrar-se no lado leste do molhe leste e por estar acima do nível da água (Fotos 3.10 e 3.11). É o micro-ambiente posicionado na maior cota (Fig. 3.1).

Foto 3.10 – Os dois tetrápodes que compõem o ponto MLLS aos 9,5 anos de idade - furos referentes à extração de material na idade de 5 anos.

Foto 3.11 – Os dois tetrápodes que compõem o ponto MLLS - 20 furos referentes à extração de material aos 5 e aos 9,5 anos de idade.

Os resultados da análise das amostras são apresentados nas tabelas 3.1 e 3.2 para as idades de 5 e 9,5 anos, respectivamente. Para a idade de 5 anos, o maior percentual foi de 0,20 % na camada de 7,5 mm, que decresceu para 0,06 % em relação à massa do concreto na profundidade de 37,5 mm (tabela 3.1). Na idade de 9,5 anos o teor de cloreto foi de 0,45 %, na camada de 2,5 mm, sendo que este teor reduziu para 0,12 % em relação a massa do concreto em 47,5 mm de profundidade (tabela 3.2).

Tabela 3.1 - % Cl^- em relação à massa do concreto (Ponto MLLS aos 5 anos de idade).

Camada/Micro amb.	**(% de Cloreto)**
7,5 mm	0,20
12,5 mm	0,16
17,5 mm	0,14
22,5 mm	0,13
27,5 mm	0,07
32,5 mm	0,08
37,5 mm	0,06

Tabela 3.2 - % Cl^- em relação à massa do concreto (Ponto MLLS aos 9,5 anos de idade).

Camada/Micro amb.	**(% de Cloreto)**
2,5 mm	0,45
7,5 mm	0,37
12,5 mm	0,28
17,5 mm	0,24
22,5 mm	0,22
27,5 mm	0,20
32,5 mm	0,18
37,5 mm	0,17
42,5 mm	0,13
47,5 mm	0,12

3.4.2 Micro-Ambiente MLLM

O micro-ambiente MLLM encontra-se abaixo do micro-ambiente MLLS (Fig. 3.1). Nota-se pela cor dos tetrápodes que no ponto MLLM (tetrápode com furo mais abaixo) há mais contato com a água que no ponto MLLS (tetrápode com furo mais acima) (Foto 3.12).

Foto 3.12 – Um dos tetrápodes que compõe o ponto MLLM - 20 furos referentes à extração de material aos 5 e aos 9,5 anos de idade. Mais ao alto tetrápodes com furos do ponto MLLS

O micro-ambiente MLLM (Foto 3.12) apresentou pico aos 7,5 mm com um teor de 0,31 % em relação à massa do concreto (tabela 3.3) na idade de 5 anos. Entretanto, nas camadas seguintes houve um decréscimo desse percentual até a camada de 32,5 mm com um percentual de 0,17 %. Por outro lado, na camada de 37,5 mm esse percentual voltou a crescer para 0,20 %. É importante salientar que esta oscilação no teor de cloreto após a ocorrência do pico foi pequena e, portanto, pode ser considerada como dentro da margem de erro de ensaio.

É importante ressaltar que nessa idade optou-se pela retirada de amostras numa camada média entre 90 e 110 mm, ou seja, a 100 mm onde foi verificado um teor de 0,08 % (Guimarães et al., 2003). As amostras de pó de cada tetrápode da camada mais profunda (90mm a 110mm) que compõem o micro-clima, foram avaliadas em laboratório separadamente e o valor considerado foi à média de ambos ensaios, diferente do que foi realizado para as outras camadas, quando as amostras retiradas de dois tetrápodes formavam uma amostra única. Esse procedimento foi realizado com o objetivo de investigar se nas camadas mais profundas dos tetrápodes os teores de cloreto ainda permaneciam elevados.

Tabela 3.3 - % Cl^- em relação à massa do concreto (Ponto MLLM aos 5 anos).

Camada/Micro amb.	**(% de Cloreto)**
2,5 mm	0,24
7,5 mm	0,31
12,5 mm	0,30
17,5 mm	0,24
22,5 mm	--
27,5 mm	--
32,5 mm	0,17
37,5 mm	0,20
100 * mm	0,08

* Valor médio de dois ensaios individuais realizados no CIENTEC-RS – Tetrápode A = 0,06%; Tetrápode B = 0,09%

Na idade de 9,5 anos, o micro-ambiente MLLM, apresentou um teor máximo de 0,57 %, em 2,5 mm, sendo que esse valor reduziu para 0,30 % em relação a massa do concreto na profundidade de 47,5 mm.

Tabela 3.4 - % Cl^- em relação à massa do concreto (Ponto MLLM aos 9,5 anos).

Camada/Micro amb.	**(% de Cloreto)**
2,5 mm	0,57
7,5 mm	0,52
12,5 mm	0,50
17,5 mm	0,50
22,5 mm	0,46
27,5 mm	0,37
32,5 mm	0,39
37,5 mm	0,35
42,5 mm	0,32
47,5 mm	0,30

3.4.3 Micro-Ambiente MLOM

O micro-ambiente MLOM esta situado no ponto mais próximo a água, mas está localizado do lado oposto ao ponto MLLM (Fig. 3.1)

O micro-ambiente MLOM similarmente aos outros micro- ambientes estudados, apresentou percentuais de cloreto ao longo da profundidade, mais elevados para a idade de 9,5 anos, (tabela 3.6), do que aos 5 anos, (tabela 3.5).

Na idade de 5 anos o micro-ambiente MLOM apresentou oscilação, ou seja, o percentual de cloreto reduziu de 0,22 % na camada de 2,5 mm, para 0,16 % aos 7,5 mm. Entretanto, voltou a crescer para 0,20 % na camada de 12,5 mm, voltando a decrescer nas próximas profundidades até um percentual e 0,09 % aos 37,5 mm (tabela 3.5).

Na foto 3.13 é apresentado o lado oeste do molhe leste onde estão localizados os tetrápodes representativos do micro-ambiente MLOM.

Foto 3.13 – Localização do micro-ambiente MLOM.

Tabela 3.5 - % Cl^- em relação à massa do concreto (Ponto MLOM aos 5 anos).

Camada/Micro amb.	**(% de Concreto)**
2,5 mm	0,22
7,5 mm	0,16
12,5 mm	0,20
12,5 mm	0,18
22,5 mm	0,14
27,5 mm	0,14
32,5 mm	0,13
37,5 mm	0,09

Por outro lado, na idade de 9,5 anos o percentual de cloreto foi de 0,42 %, aos 2,5 mm, que reduziu com o aumento da profundidade no concreto até a camada de 47,5 mm com um percentual de 0,16 % em relação à massa do concreto (tabela 3.6).

Tabela 3.6 - % Cl^- em relação à massa do concreto (Ponto MLOM aos 9,5 anos).

Camada/Micro amb.	**(% de Cloreto)**
2,5 mm	0,42
7,5 mm	0,41
12,5 mm	0,34
17,5 mm	0,34
22,5 mm	0,31
27,5 mm	0,26
32,5 mm	0,19
37,5 mm	0,18
42,5 mm	0,16
47,5 mm	0,16

3.4.4 Micro-Ambiente MLOI

O Micro-ambiente MLOI situa-se na parte interna do molhe leste, aparentemente mais protegido em relação aos demais tetrápodes (Fig. 3.1).

A extração das amostras para o micro-ambiente MLOI, na idade de 5 anos, é demonstrada conforme a Foto 3.14.

O micro-ambiente MLOI, na idade de 5 anos, apresentou pico na camada de 12,5 mm com um teor de 0,34 % em relação a massa do concreto (tabela 3.7). Por outro lado, após o pico o teor de cloreto reduziu com a profundidade do concreto (tabela 3.7).

Foto 3.14 – Extração das amostras de concreto no ponto MLOI na idade de 5 anos.

Assim como foi realizado para o ponto MLLM aos 5 anos Guimarães et al. 2003 realizaram extração na profundidade de 100 mm, ou seja, em ambos os tetrápodes que compõem o micro-ambiente MLOI. Após a obtenção dos resultados de laboratório foi feita uma média dos valores obtidos (0,06 % e 0,09 %), ou seja, de 0,08 % em relação à massa do concreto.

Na idade de 9,5 anos o teor de cloreto reduziu a partir da camada de 2,5 mm, ou seja, de um percentual de 0,47 % até um percentual de 0,24 % em relação a massa do concreto em 47,5 mm (tabela 3.8).

A extração das amostras para o micro-ambiente MLOI, na idade de 9,5 anos, é demonstrada conforme a Foto 3.15.

Foto 3.15 – Extração das amostras de concreto no ponto MLOI aos 9,5 anos de idade.

Tabela 3.7 - % Cl^- em relação à massa do concreto (Ponto MLOI aos 5 anos).

Camada/Micro amb.	**(% de Cloreto)**
2,5 mm	0,24
7,5 mm	0,28
12,5 mm	0,34
17,5 mm	0,23
22,5 mm	0,16
27,5 mm	0,12
32,5 mm	0,11
37,5 mm	0,14
100 * mm	0.08

* Valor médio de dois ensaios individuais realizados no CIENTEC-RS – Tetrápode A = 0,06 %; Tetrápode B = 0,09 %.

Tabela 3.8 - % Cl^- em relação à massa do concreto (Ponto MLOI aos 9,5 anos).

Camada/Micro amb.	**(% de Cloreto)**
2,5 mm	0,47
7,5 mm	0,40
12,5 mm	0,36
17,5 mm	0,34
22,5 mm	0,30
27,5 mm	0,27
32,5 mm	0,30
37,5 mm	0,24
42,5 mm	0,25
47,5 mm	0,24

3.4.5 COMENTÁRIOS

Deve-se salientar que os perfis aos 5 anos formaram pico ou apresentaram oscilação, aos 9,5 anos apresentaram perfis clássicos, sem pico.

Em ambas as idades estudadas, ou seja, aos 5 anos e aos 9,5 anos, somente o micro-ambiente MLLS é que não apresentou pico ou oscilação, sendo este o ponto mais alto pesquisado em relação ao nível do mar (Fig. 3.1).

3.5 ANÁLISES DOS RESULTADOS OBTIDOS

Após o traçado dos perfis de medição de cloreto foi realizada regressão a partir da equação tradicional de Fick (eq. 2.8) (ANEXO A). O objetivo de se realizar a regressão foi de obter o teor de cloretos na superfície do concreto (Cs). É importante salientar que Cs obtido demonstrou uma variação ao longo do tempo (ANEXO F), ou seja, dos 5 anos para a idade de 9,5 anos e que esta variação ocorreu aproximadamente em função da raiz do tempo.

3.5.1 ROTEIRO UTILIZADO PARA A ANÁLISE DOS RESULTADOS

Após o traçado dos perfis de cloreto para os quatro micro-ambientes seguiu-se o seguinte roteiro, com o objetivo de melhor compreensão dos mesmos:

1º) Nessa etapa foi realizada regressão, com o objetivo de melhor correlacionar os pontos com o menor erro quadrado (ANEXO A). Com o valor de Cs e considerando que o tempo estudado seja t = 5 anos, obteve-se o valor de k, a partir da equação 2.23 (Cranck , 1975).

2º) Foi realizada regressão a fim de se estimar a área abaixo da respectiva curva de regressão (M_t) (ANEXO B). A partir do valor de M_t e da equação 2.25 pôde-se calcular o coeficiente de difusão (D_{Csvar}) para a idade estudada.

3º) Por outro lado, Cranck (1975) obteve a equação 2.24 quando considerou que a variação de Cs fosse uma função da raiz do tempo ($\sqrt{t}$). Por isso, nessa 3ª etapa se utilizou a equação 2.24, a fim de obterem-se valores de Cx em função de k, t, D (das etapas anteriores) para valores arbitrários de x (profundidade).

Entretanto, como se pode observar através das curvas obtidas (ANEXO C) que a utilização da equação 2.24 apresentou erro. Isso é evidente, pois o teor de cloreto reduziu nas primeiras profundidades, como deveria ser, mas depois aumentou para maiores profundidades o que não demonstrou compatibilidade com os perfis medidos, nas idades estudadas. Com isso, houve a necessidade de se fazer uma regressão dos pontos a partir da idade estudada, ou seja, o M_t obtido por regressão foi igualado ao membro direito da equação 2.19, de onde se pôde calcular o coeficiente de difusão para a idade estudada. Deve-se ressaltar que a equação 2.19 considera Cs constante.

Com o valor de D (equação 2.19) e com a utilização da equação 2.8 foi possível traçar o perfil modelo para a idade em estudo (5anos) o qual foi aproximadamente semelhante ao perfil medido de cloretos aos 5 anos.

É importante comentar que o D obtido, não representou nenhum significado sobre o comportamento dos perfis de cloreto no concreto, esse parâmetro foi estimado apenas com o objetivo de ser realizada a regressão.

Com o objetivo de traçar um perfil de previsão do comportamento dos teores de cloreto aos 9,5 anos, tomou-se o perfil aos 5 anos obtido por regressão como modelo, ou seja, se utilizou os mesmos valores de D_{Csvar} e de k obtidos aos 5 anos, porém modificou-se a idade para 9,5 anos (ANEXO D), o que resultou em novos valores de Mt (eq. 2.25) e Cs (eq. 2.23). A partir destes novos valores de Mt e Cs, o mesmo artifício utilizado para traçar a curva no modelo aos 5 anos se utilizou para traçar o perfil na estimativa para 9,5 anos

É importante salientar, antes do quarto passo desse roteiro, um estudo realizado por Guimarães (2000), onde o autor pesquisou quatro pontos de elementos estruturais, do cais de um porto no sul do Brasil com 22 anos de idade. Os pontos estudados foram denominados PS, PI, ES e EI, em cotas diferentes em relação ao nível do mar de 2,02 m; 0,52 m; 0,12 m e -0,18 m, respectivamente. Ficou evidente através dos resultados para o ponto PS, em zona totalmente de respingo (ZPR), que o percentual máximo alcançado para Cs foi de 3,1 % em relação à massa do cimento. Por outro lado, Pereira (2003) estudando estruturas offshore no litoral do Rio Grande do Norte, pesquisou duas plataformas de concreto com 25 anos de idade e os valores obtidos para Cs nos perfis de cloretos na superfície do elemento variaram de 3,0 a 3,8 % em relação à massa do cimento. Portanto, levando em consideração os resultados apresentados pelos autores, para estruturas com mais de 20 anos em que se supõe que o valor de Cs já tenha se estabilizado, optou-se por considerar para os tetrápodes (localizado a aproximadamente 4 km da costa) o valor médio entre (3,1 e 3,8 %), ou seja, 3,5 % em relação à massa do cimento. Considerou-se que esse valor é o percentual máximo de cloretos a ser atingido no concreto dos tetrápodes ao longo do tempo, pois essas estruturas estão localizadas de maneira intermediária em relação às estruturas estudadas por Guimarães (2000) e Pereira (2003).

Considerando um estudo realizado por Rodrigues (2009) com o cimento ARI (mesmo cimento utilizado na elaboração dos tetrápodes), a massa específica seca do concreto pode ser considerada em torno de 2200 kg/m^3 e, portanto, o máximo teor de cloretos na superfície do concreto de 3,5 % em relação à massa do cimento passa a ser de aproximadamente 0, 588 % em relação à massa do concreto, sendo que, na elaboração desses elementos houve um consumo de cimento de 370 kg/m^3.

4º) Portanto, para um determinado tempo chega-se ao teor máximo de Cs de 0,588 % e tem-se um perfil na idade de troca (t_{troca}) , ou seja, quando se considera Cs_{var} para Cs_{const} (Figura 3.2) .

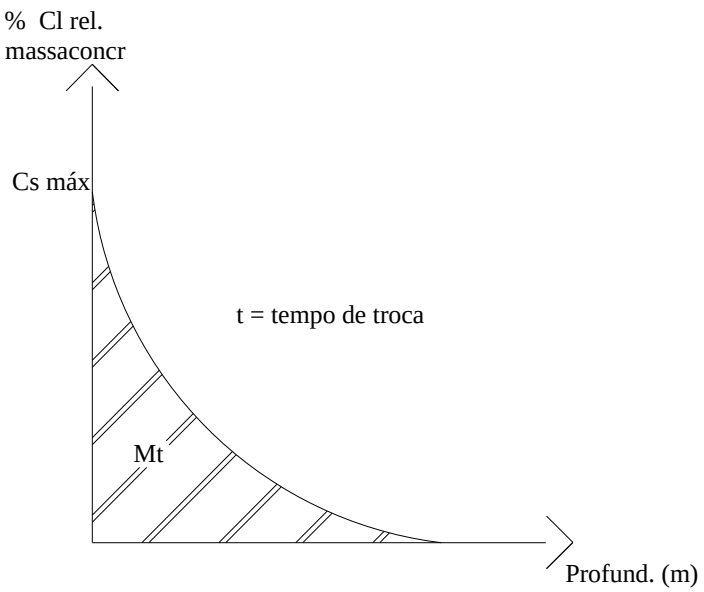


Figura 3.2 – Perfil de cloretos para o qual Csmáx atinge o valor fixo de 0.588% em relação à massa do concreto na idade de t_{troca}.

Para ter continuidade do mesmo perfil a partir do tempo de troca, se calcula um tempo equivalente para Cs_{const} com o qual se obtém um igual perfil. Para obter o mesmo perfil e não alterar o coeficiente de difusão que é próprio do concreto, já praticamente todo hidratado, é considerado um tempo equivalente que iguale os perfis. Com $Cs_{máx}$ e Mt iguais obtém-se a partir das equações 2.19 e 2.25 a seguinte igualdade (equação 3.1):

$$t_{troca} = 1{,}62\ t_{eq} \qquad \textbf{(3.1)}$$

Onde:

t_{eq} = Tempo para o qual se obtém o mesmo perfil considerando Cs variável (eq. 2.25) e considerando Cs constante (eq. 2.19);
t = Idade em estudo podendo ser 50, 100 ou 200 anos;
t_{troca} = Tempo para o qual Cs atinge o seu valor máximo.

5º) A partir de t_{eq} calculado para cada micro-ambiente e da equação 2.8 foi possível traçar o perfil no qual Cs atinge o valor máximo de 0,588%. O mesmo foi realizado para as idades de 50, 100 e 200 anos (ANEXO E), porém, nestas idades foi recalculado o tempo no qual ocorre a difusão de cloretos para o Cs fixo, conforme a equação 3.2. Na Figura 3.3 é representado esse comportamento.

$$t_{eq}=t-(t_{troca}-(t_{troca}/1{,}62)) \quad \textbf{(3.2)}$$

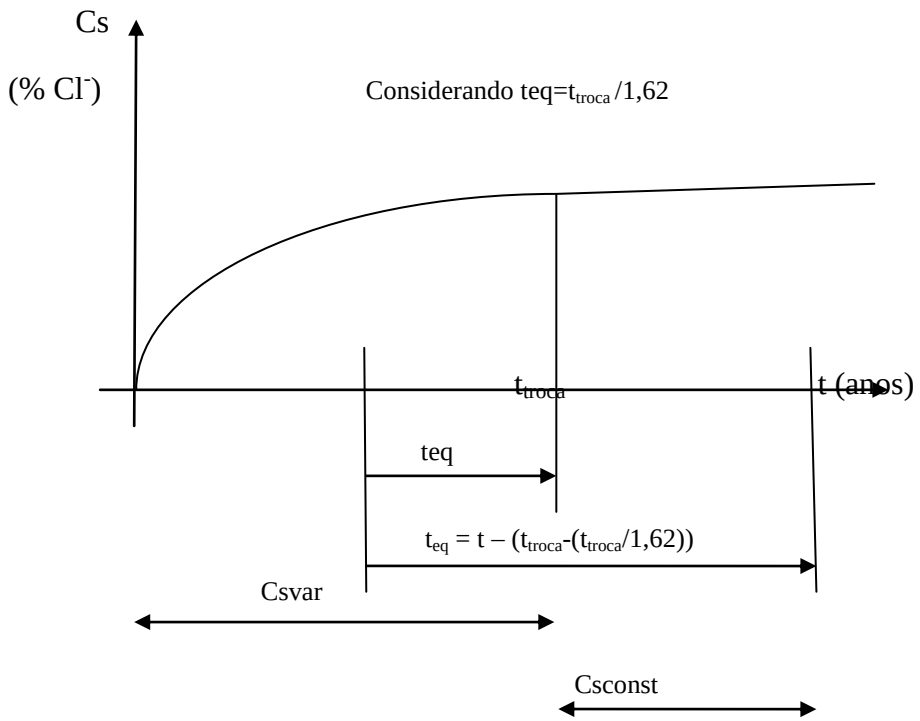


Figura 3.3 – Comportamento de Cs ao longo do tempo.

6º) Nessa etapa, todos os procedimentos utilizados para o perfil de cloreto na idade de 5 anos foram repetidos para a idade de 9,5 anos.

7º) Todos os procedimentos realizados nas etapas anteriores foram utilizados nessa etapa, porém considerou-se k = keq. Sendo que keq representa um k intermediário entre as idades de 5 e 9,5 anos, obtido por regressão (ANEXO F), considerando o menor erro quadrado.

A seguir é apresentado um fluxograma (Figura 3.4) que descreve de forma resumida todos os procedimentos descritos no roteiro.

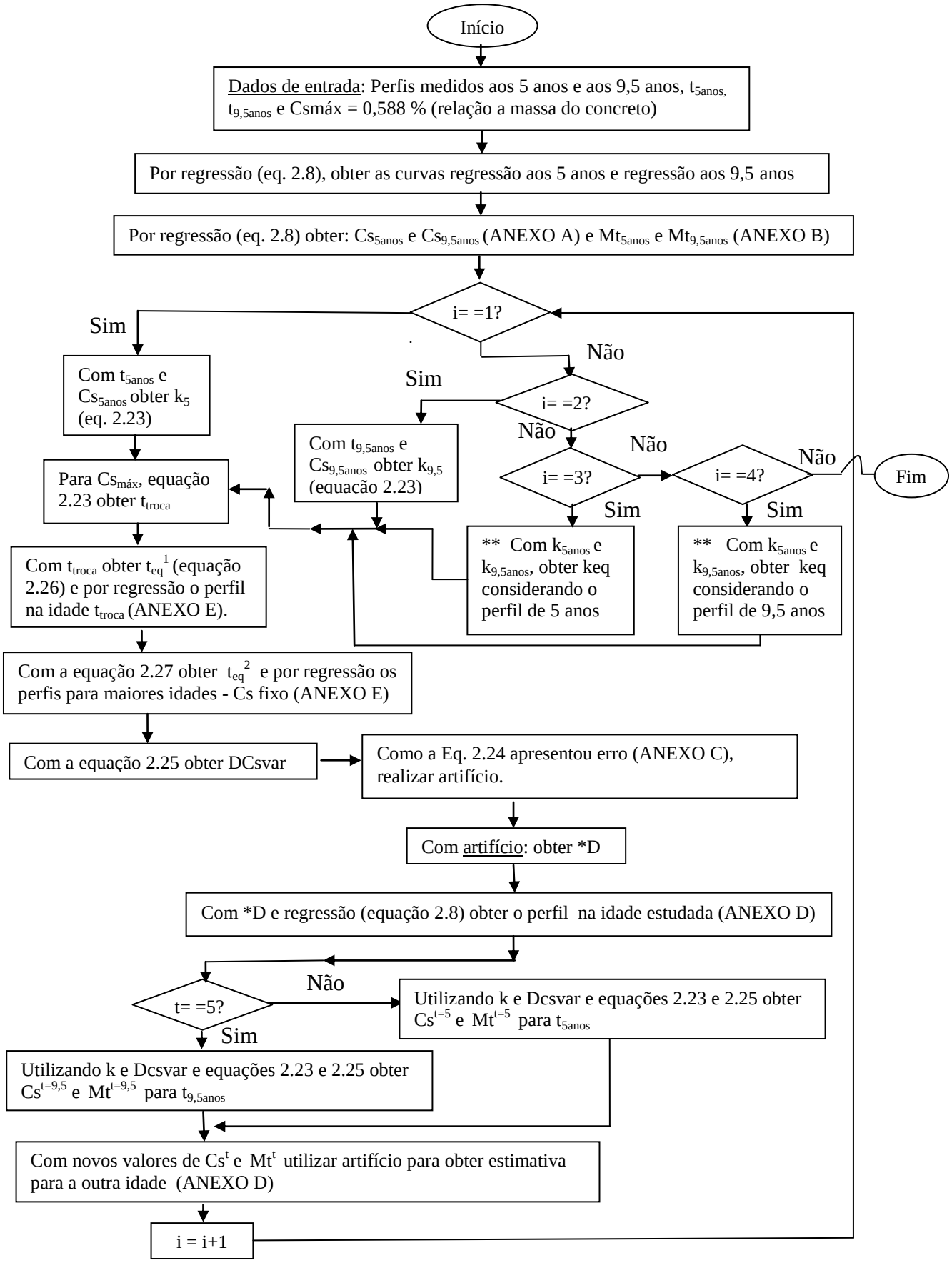


Figura 3.4 – Fluxograma – Procedimentos utilizados para o tratamento dos resultados obtidos para os 4 micro-ambientes pesquisados.

*D = Parâmetro que não representa a difusão de cloretos no concreto, utilizado apenas na necessidade de se estimar o perfil modelo da idade estudada e estimativa para a outra idade, obtido a partir de um artifício;

Artifício = Procedimento utilizado para obter o perfil na idade estudada (5 ou 9,5 anos) e estimativa para a outra idade, onde iguala-se o Mt obtido, ao membro direito da equação 2.19 e obtém-se *D.

Cs = Maior teor de cloretos na superfície do concreto (% em relação a massa do concreto);

keq = Parâmetro obtido por regressão entre k_{5anos} e $k_{9,5anos}$ (%.ano$^{-1/2}$);

k_{5anos} e $k_{9,5anos}$ = Representam os k das idades de 5 e 9,5 anos, respectivamente;

t_{troca} = Tempo no qual Cs atinge o valor máximo fixo de 0,588%;

t_{eq} = Tempo equivalente necessário á penetração de íons cloreto: teq^1: No tempo de troca (Eq. 2.26) e teq^2: para idades superiores a t_{troca} (Eq. 2.27), considerando $C_{máx}$ = 0,588% em relação a massa do concreto fixo;

Mt = Área total de cloretos no concreto que sofre difusão. É numericamente a área abaixo da curva de regressão (%.mm);

D_{Csvar} = Coeficiente de difusão de cloretos para Cs variável na idade estudada (mm^2/ano);

Cs^t e Mt^t = São, respectivamente, os novos valores do teor de cloreto na superfície do concreto e área abaixo da curva de regressão. São obtidos a partir dos mesmos valores de k e Dcsvar da idade estudada, porém, ao considerar as equações 2.23 e 2.25, modifica-se a idade para a qual se deseja realizar a estimativa.

** ANEXO F = Onde são apresentados os cálculos de regressão dos keq's para os 4 micro-ambientes pesquisados.

3.5.2 Análise do Micro-Ambiente MLLS

Na Figura 3.5 são representadas as medições de cloreto no concreto para o micro-ambiente MLLS na idade de 5 anos (perfil aos 5 anos). A partir desse perfil foi realizada regressão (ANEXO A) a qual é representada por regressão aos 5 anos. O teor de cloreto na superfície do concreto, extrapolado a partir da regressão foi de 0,24 % em relação à massa do concreto, sendo o cálculo do M_t da respectiva curva (ANEXO B). Com o valor de Cs calculou-se k = 0,113 %.ano$^{-1/2}$ (eq. 2.23) e a partir desses parâmetros foi possível obter-se um coeficiente de difusão D = 179, 23 mm^2/ano (eq. 2.25).

Entretanto, os perfis de cloreto obtidos apresentaram erro (eq. 2.24) os quais são representados pelas curvas do ANEXO C nas idades de 5 e 9,5 anos, respectivamente. Isso é evidente, pois nas primeiras profundidades esses perfis apresentaram um comportamento satisfatório, porém para maiores profundidades acima de 25 mm houve um aumento no teor de cloreto, o que não é possível para o comportamento de cloreto em uma estrutura de concreto. Portanto, por regressão foi possível se obter o perfil aos 5 anos, conforme (ANEXO D) (Figura 3.6). Com o objetivo de traçar um perfil de previsão do comportamento do teor de cloreto aos 9,5 anos, se utilizou os mesmos valores de D e de k obtidos aos 5 anos, porém modificou-se a idade para 9,5 anos (ANEXO D). Com isso, se obteve novos valores de Mt e Cs e com o uso do mesmo artifício para o traçado da curva aos 5 anos obteve-se o perfil de estimativa aos 9,5 anos (Figura 3.6).

Tornou-se importante considerar a idade na qual o teor de cloretos é considerado máximo na superfície do elemento, ou seja, Cs = 0,588 % em relação a massa do concreto. Portanto, para o perfil de 5 anos t_{troca} = 27,08 anos, sendo que a partir desse valor se obteve um tempo equivalente de 16,72 anos (eq. 3.1). Por outro lado, considerando $t_{eq.}$, a difusão de cloreto para Cs variável de 179,23 mm^2/ano e com a eq. 2.8 foi possível traçar o perfil no qual Cs atinge o valor máximo fixo de 0,588%. O mesmo foi realizado para as idades de 50, 100 e 200 anos (ANEXO E), porém, para cada idade foi recalculado o tempo necessário para a penetração de cloreto considerando Cs fixo (teq) os quais foram de 39,64 anos; 89,64 anos e 189,64 anos, respectivamente, e que são representados pelos perfis de estimativa para Cs fixo (Figura 3.6).

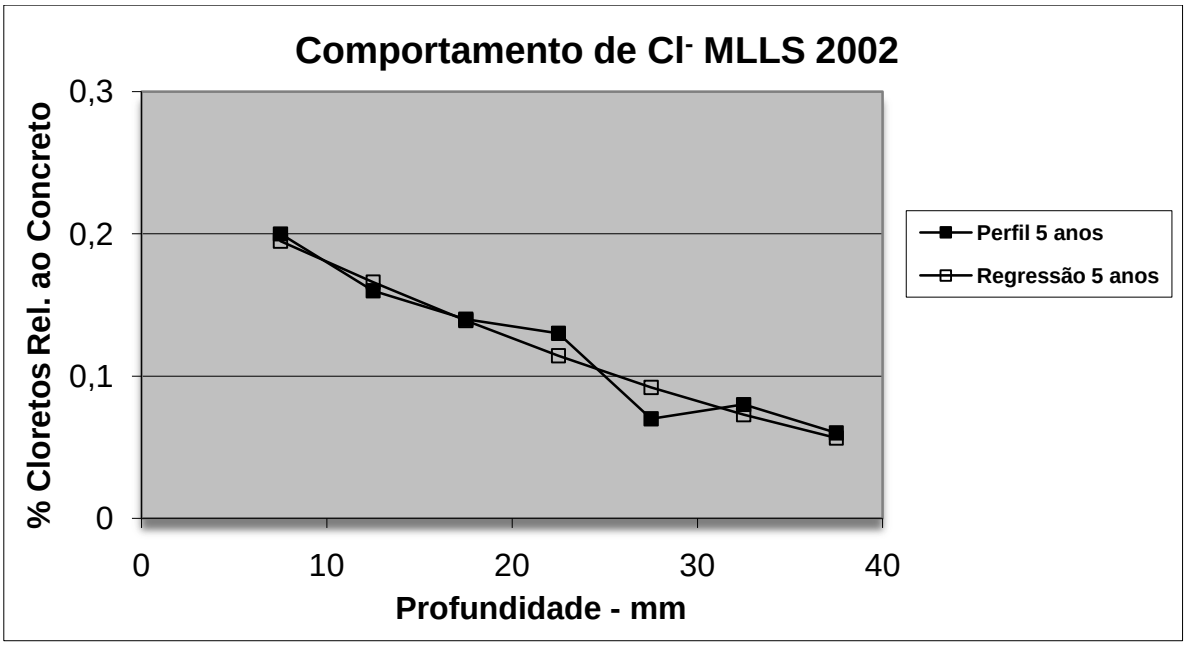


Figura 3.5 – Comportamento do % de cloretos x profundidade (MLLS) aos 5 anos.

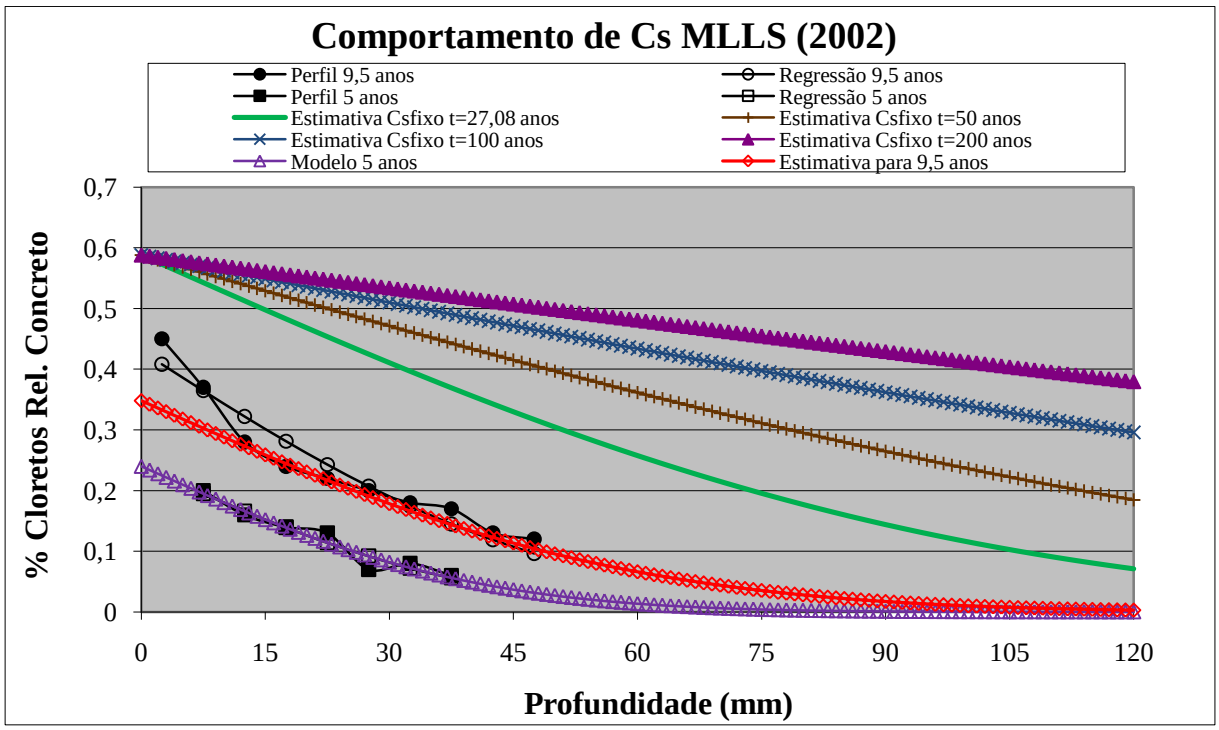


Figura 3.6 - Comportamento dos perfis de cloreto para o ponto MLLS utilizando perfil medido aos 5 anos – perfis estimados para 5 anos, 9,5 anos, tempo de troca, 50 anos, 100 anos e 200 anos.

Ainda para o micro-ambiente MLLS a fim de avaliar o comportamento de teor de cloreto aos 9,5 anos, realizaram-se os mesmos procedimentos utilizados aos 5 anos.

Pode-se notar a partir da Figura 3.7 o perfil aos 9,5 anos e a regressão aos 9,5 anos. O valor de Cs encontrado com a regressão foi de 0,43% em relação à massa do concreto (ANEXO A), sendo M_t calculado conforme ANEXO B para o micro-ambiente MLLS aos 9,5 anos. A partir de Cs calculou-se k = 0,140 %.ano$^{-1/2}$ (eq.2.23) e considerando esses parâmetros foi possível obter-se um coeficiente de difusão D = 129,01 mm^2/ano (eq. 2.25). Entretanto, como ocorreu erro (eq. 2.24) (ANEXO C) foi obtido por regressão o perfil aos 9,5 anos. Com o objetivo de traçar um perfil de previsão do comportamento do teor de cloreto aos 5 anos, se utilizou os mesmos valores de D e de k obtidos aos 9,5 anos, porém modificou-se a idade para 5 anos (ANEXO D). Com isso, se obteve novos valores de Mt e Cs e com o uso do mesmo artifício para o traçado da curva aos 9,5 anos utilizou-se para obter o perfil de estimativa aos 5 anos (ANEXO D), conforme a figura 3.8.

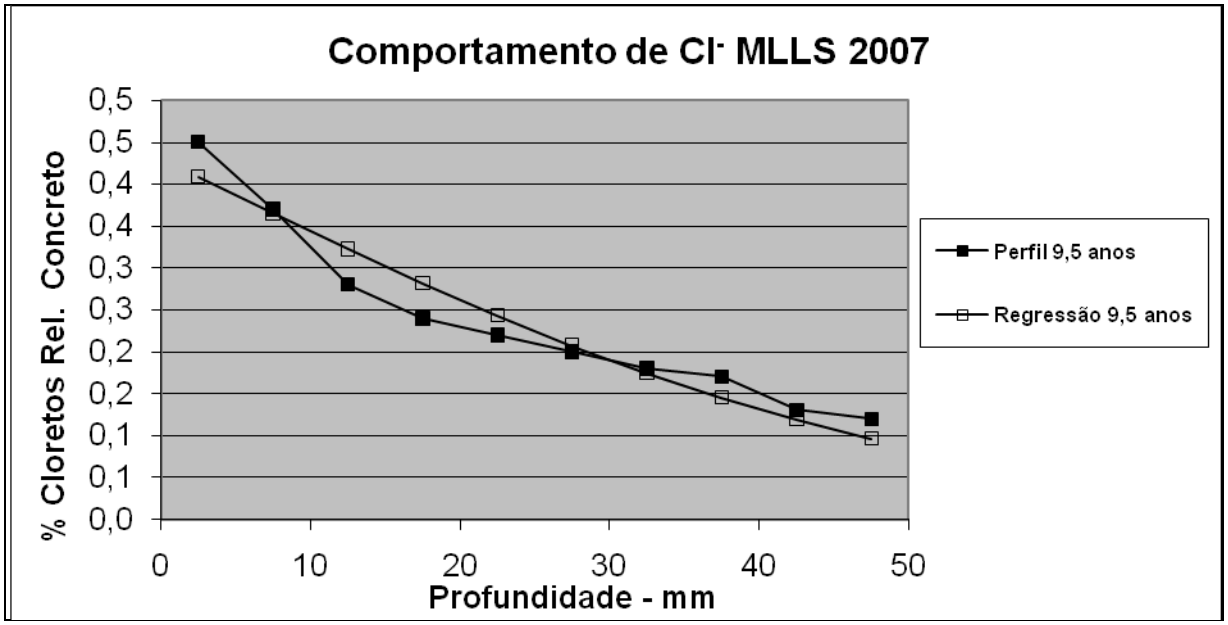


Figura 3.7 – Comportamento do % de cloretos x profundidade MLLS aos 9,5 anos.

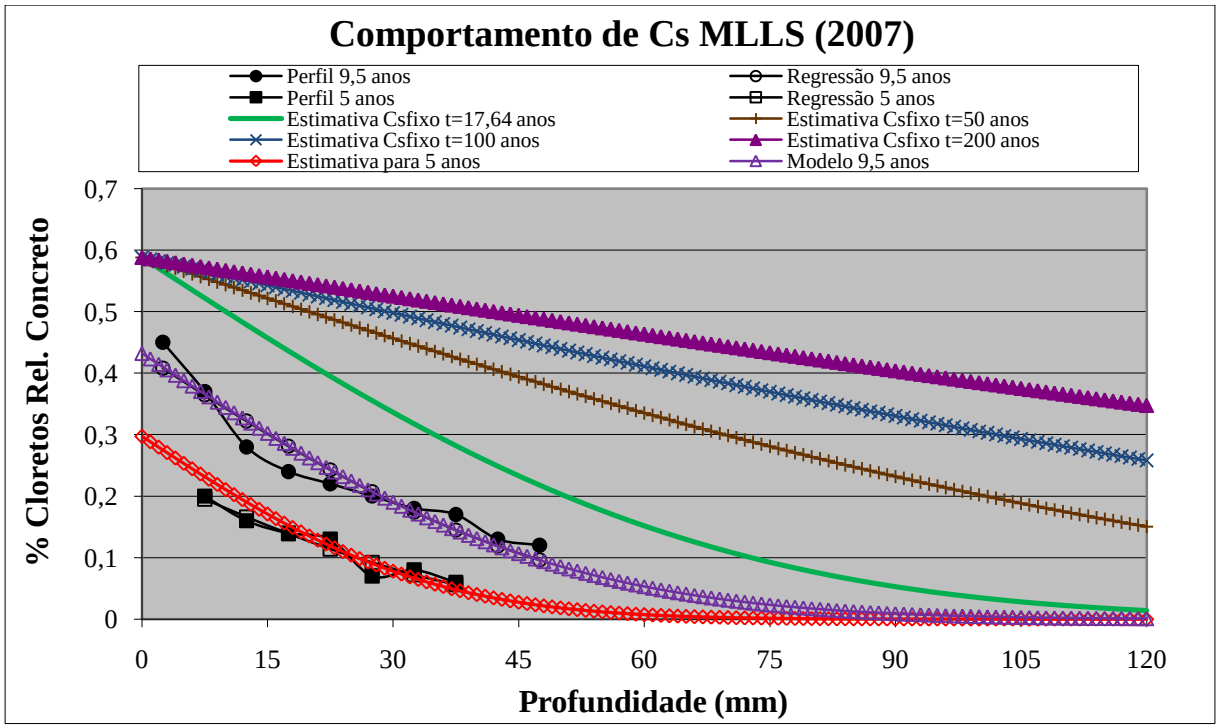


Figura 3.8 – Comportamento dos perfis de cloreto para o ponto MLLS utilizando o perfil medido aos 9,5 anos – perfis estimados para 5 anos, 9,5 anos, tempo de troca, 50 anos, 100 anos e 200 anos

Considerando o teor máximo de Cs = 0,588 % em relação à massa do concreto obteve-se o tempo necessário para que o teor de cloreto na superfície do concreto (Cs) atinja o seu valor máximo, ou seja, t_{troca} = 17,64 anos. Sendo que a partir desse valor se obteve $t_{eq.}$= 10,89 anos, ou seja, o tempo no qual Cs não varia mais ao longo do tempo. Portanto, considerando $t_{eq.}$, a difusão de cloretos para Cs variável de 129,01 mm^2/ano e com a equação 2.8 foi possível traçar o perfil no qual Cs atinge o valor máximo de 0,588%. O mesmo foi realizado para as idades de 50, 100 e 200 anos (ANEXO E), porém, para cada idade foi recalculado o tempo necessário para a penetração de cloretos considerando Cs fixo (teq) os quais foram de 43,25 anos; 93,25 e 193,25 anos, respectivamente (Figura 3.8).

Nos cálculos anteriores considerou-se um valor de k para cada idade, sendo que também foi utilizado as estimativas de evolução do perfil de cloretos considerando keq entre as idades de 5 e 9,5 anos.

Portanto, por regressão (ANEXO F) obteve-se para o micro-ambiente MLLS um keq de 0,181%.$ano^{-1/2}$. Com o valor do keq foram realizados os mesmos estudos para 5 e 9,5 anos.

Na idade de 5 anos, considerando keq o novo valor de D encontrado foi de 133,36 mm^2/ano. A área abaixo da curva de regressão (M_t) foi estimada conforme ANEXO B e os perfis que apresentaram erro (eq. 2.24) são demonstrados no ANEXO C. Entretanto, para contornar esse erro, obteve-se por regressão o perfil aos 5 anos, a partir do qual se estimou perfil aos 9,5 anos (ANEXO D) (Figura 3.9).

Por outro lado, considerando o teor máximo de Cs = 0,588 % em relação à massa do concreto obteve-se o tempo necessário para que o teor de cloreto na superfície (Cs) atinja o seu valor máximo, ou seja, t_{troca} = 20,15 anos. Sendo que a partir desse valor se obteve $t_{eq.}$= 12,44 anos. Portanto, considerando $t_{eq.}$, a difusão de cloretos para Cs variável de 133,36 mm^2/ano e com a equação 2.8 foi possível traçar o perfil no qual Cs atinge o valor máximo de 0,588%. O mesmo foi realizado para as idades de 50 anos, 100 e 200 anos (ANEXO E), porém, para cada idade foi recalculado o tempo equivalente (teq) os quais foram de 42,29 anos; 92,29 anos e 192,29 anos, respectivamente. Na Figura 3.9 são apresentados esses perfis.

Aos 9,5 anos considerando keq o novo valor de D encontrado foi de 147,35 mm^2/ano. A área abaixo da curva de regressão (M_t) é apresentada conforme ANEXO B e os perfis que apresentaram erro (eq. 2.24) são demonstrados no ANEXO C. Os perfis obtidos por regressão para contornar esse erro são representados por estimativa aos 5 anos e perfil aos 9,5 anos (ANEXO D) (Figura 3.10).

Considerando o teor máximo de Cs = 0,588 % em relação à massa do concreto obteve-se um t_{troca} = 20,15 anos. Sendo que a partir desse valor se obteve $t_{eq.}$ = 12,44 anos. Portanto, considerando $t_{eq.}$, a difusão de cloretos para Cs variável de 147,35 mm^2/ano e com a equação 2.8 foi possível traçar o perfil no qual Cs atinge o valor máximo de 0,588%. O mesmo procedimento foi realizado para as idades de 50 anos, 100 e 200 anos (ANEXO E), porém, para cada idade foi recalculado o tempo necessário para a penetração de cloreto considerando Cs fixo (teq) os quais foram de 42,29 anos; 92,29 anos e 192,29 anos, respectivamente (Fig. 3.10).

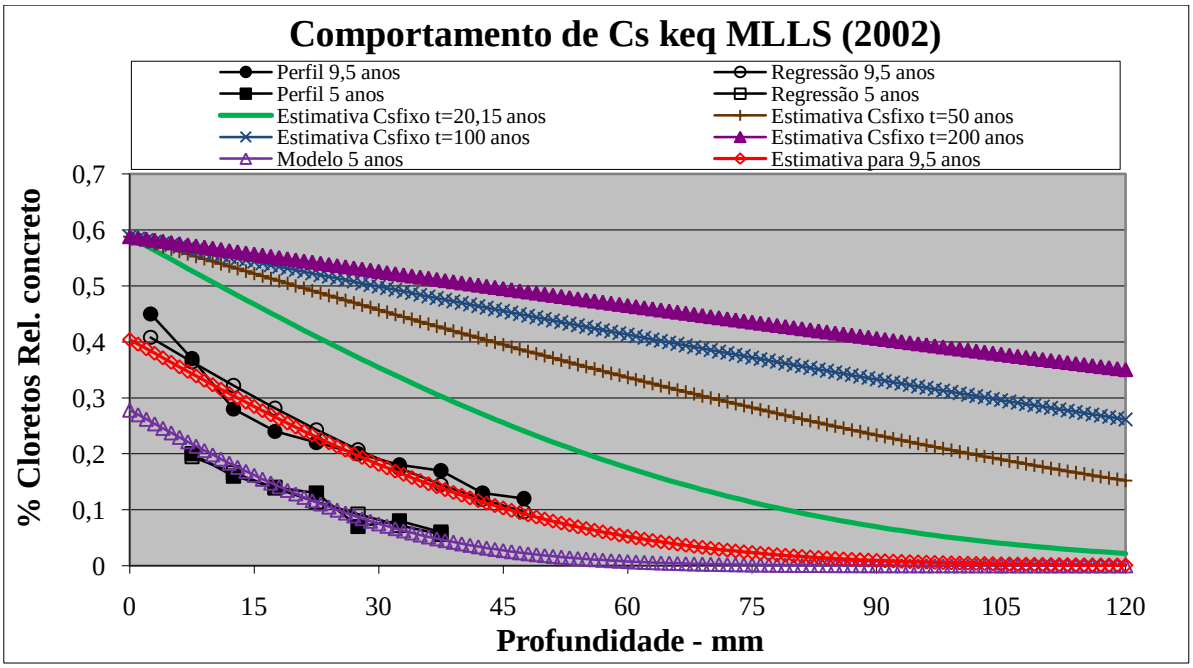


Figura 3.9 – Comportamento dos perfis de cloreto para o ponto MLLS utilizando perfil medido aos 5 anos e keq – perfis estimados para 5 anos, 9,5 anos, tempo de troca, 50 anos, 100 anos e 200 anos.

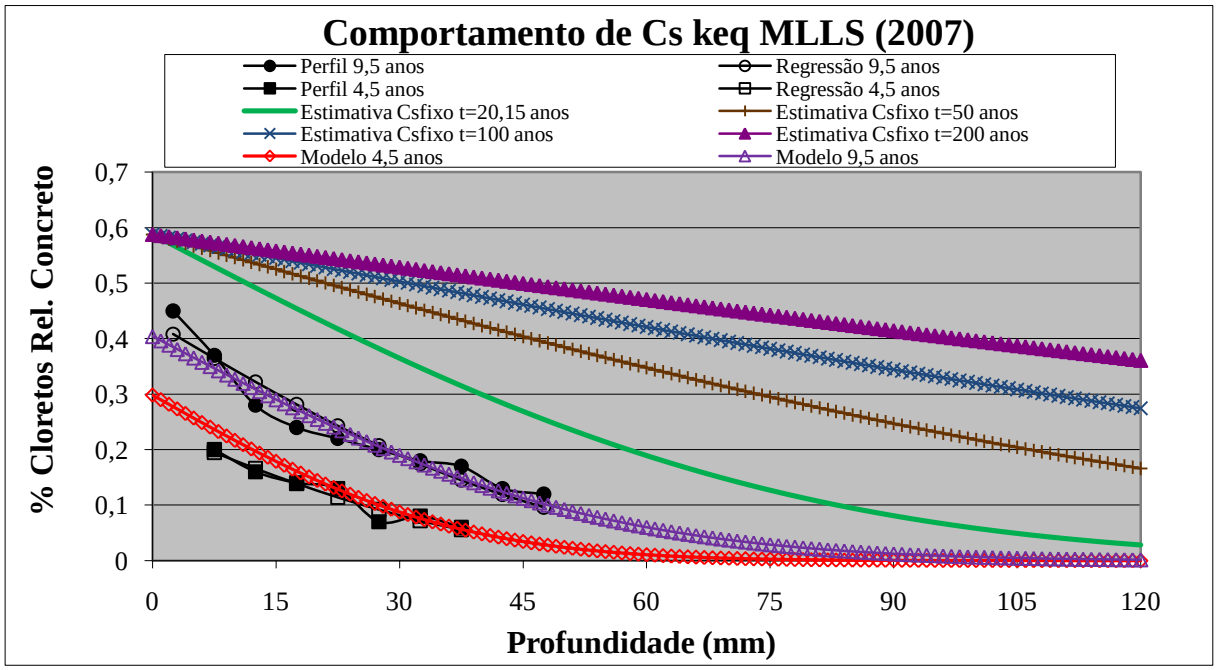


Figura 3.10 – Comportamento dos perfis de cloreto para o ponto MLLS utilizando perfil medido aos 9,5 anos e keq – perfis estimados para 5 anos, 9,5 anos, tempo de troca, 50 anos, 100 anos e 200 anos.

Na tabela 3.9 são apresentados de maneira resumida os resultados sobre o comportamento de cloreto no concreto para o micro-ambiente MLLS, de forma a compará-los em ambas as idades de 5 e 9,5 anos.

Tabela 3.9 - Resultados obtidos da análise do micro-ambiente MLLS.

Micro-ambiente MLLS						
Idade	**Cs(Rel. ao Concreto).**	**k mm.ano$^{-1/2}$**	**D(mm^2/ano)**	**$t_{eq.}$(anos)**	**t_{troca}(anos)**	**keq**
5 anos	0,24 %	0,113	179,23	16,72	27,08	-
9,5 anos	0,43 %	0,140	129,01	10,89	17,64	-
$keq_{5\ anos}$	0,24 %	0,131	133,36	12,44	20,15	0,131
$keq_{9,5\ anos}$	0,43 %	0,131	147,35	12,44	20,15	0,131

Pode-se observar através da tabela 3.9 que houve um aumento no teor máximo de cloreto na superfície do concreto de 0,24 % para 0,43 %, dos 5 anos para os 9,5 anos. Isso já era de se esperar, pois as idades de análise ainda são pequenas e, portanto, esse teor pode ainda estar variando (aumentando) com o tempo. Por outro lado, da idade de 5 anos para 9,5 anos o coeficiente de difusão reduziu de 179,23 mm^2/ano para 129,01 mm^2/ano. Os valores de Cs apresentados na tabela 3.9 foram obtidos através de regressão (ANEXO A).

Entretanto, utilizando-se um k equivalente o coeficiente de difusão aumentou com o tempo.

- <u>Comentários dos resultados obtidos através da Figura 3.5:</u> O perfil medido de cloretos aos 5 ano é caracterizado por apresentar um decréscimo no teor de cloreto até a profundidade de 27,5 mm, mas volta a crescer e decrescer novamente aos 32,5 e 37,5 mm, respectivamente. A regressão dos pontos realizada para o perfil de 5 anos é representada pela curva regressão aos 5 anos a qual apresentou boa correlação entre os pontos.

- <u>Comentários dos resultados obtidos através da Figura 3.6</u>: Considerando o modelo obtido com o perfil medido aos 5 anos pode-se observar que a curva estimada aos 9,5 anos apresentou bons resultados, pois demonstrou grande similaridade ao perfil medido aos 9,5 anos. Porém, esta curva se apresentou diferente apenas nas profundidades iniciais, ou seja, aos 2,5 e 7,5 mm.

Na idade de 5 anos, foram estimados os perfis para Cs fixo no tempo de troca, ou seja, aos 27,08 anos a partir do qual se supõe que Cs não varie mais com a idade do concreto, valor esse em torno de 0,588 % em relação à massa do concreto. Essas curvas foram denominadas de Estimativa de Cs fixo para t_{troca} =27,08 anos, t=50 anos, t=100 anos e t=200 anos, sendo que o tempo equivalente (teq) de penetração de cloreto no qual Cs é considerado fixo foi de 16,72 anos; 39,64 anos; 89,64 anos e 189,64 anos, respectivamente.

- Comentários dos resultados obtidos através da Figura 3.7: Na idade de 9,5 anos foi traçado o perfil medido aos 9,5 anos e a partir dessa curva, por regressão, obteve-se o perfil regressão aos 9,5 anos o qual apresentou resultados na média dos pontos da curva de medição.

- Comentários dos resultados obtidos através da Figura 3.8: Deve-se salientar que a curva estimada para 5 anos utilizando o modelo obtido com o perfil medido aos 9,5 anos demonstrou comportamento e inclinação semelhantes ao perfil medido aos 5 anos.

Na idade de 9,5 anos foram estimados os perfis para Cs fixo no tempo de troca, ou seja, aos 17,64 anos. Essas curvas foram denominadas de Estimativa de Cs fixo para t_{troca} =17,64 anos; t=50 anos; t=100 anos e t=200 anos, sendo que o tempo equivalente (teq) de penetração de cloreto no qual Cs é considerado fixo foram de 10,89 anos; 43,25 anos; 93,25 anos e 193,25 anos, respectivamente. É possível através dos perfis de estimativa a partir de Cs fixo aos 17,64 anos; 50 anos; 100 anos e 200 anos observar que apresentaram teores de cloreto de 0,014 %; 0,151 %; 0,258 % e 0,348 % em relação a massa do concreto, respectivamente.

- Considerando as Figuras 3.9 e 3.10: Considerando keq do modelo obtido com o perfil de 5 anos, o tempo necessário para estabilização de Cs foi de 20,15 anos, sendo que o teor de cloreto obtido nessa idade foi de aproximadamente de 0,022 % em relação a massa do concreto aos 120 mm de profundidade. Por outro lado, comparando a penetração de cloreto entre as idades de 50 e 200 anos houve um aumento no teor de cloreto de 0,199 % em relação à massa do concreto considerando a mesma a profundidade de análise de 120 mm (Figura 3.9).

Já no modelo obtido com o perfil medido aos 9,5 anos, considerando keq e uma mesma idade de estabilização de Cs de 20,15 anos, o percentual de cloreto a uma profundidade de 120 mm foi de 0,028 % em relação a massa do concreto, sendo que de 50 a 200 anos apresentou um aumento no teor de cloreto de 0,333 %, considerando a mesma profundidade de análise (Figura 3.10).

Com o uso do keq o modelo obtido com o perfil medido aos 9,5 anos (Figura 3.10) e o modelo obtido com o perfil medido aos 5 anos (Figura 3.9), apresentaram um comportamento semelhante aos perfis de comportamento reais de cloreto representados por perfil 9,5 anos e perfil 5 anos (Figuras 3.10 e 3.9), respectivamente. Em ambas as análises os perfis de cloreto se mantiveram próximos a média dos pontos dos perfis de medição.

- Considerando as Figuras 3.6 e 3.8: Nota-se para o micro-ambiente MLLS que o tempo estimado para que Cs atinja o valor fixo de 0, 588% em relação à massa do concreto foi maior para o modelo a partir da curva de 5 anos (Figura 3.6) do que para o modelo a partir da curva de 9,5 anos (Figura 3.8), ou seja, para 5 anos Cs começa a se estabilizar a partir de aproximadamente 17 anos enquanto que para 9,5 anos, já se obtém essa estabilização a partir dos 11 anos (tabela 3.9).

Por outro lado, ao avaliar o comportamento do perfil de cloreto para maiores idades, ou seja, aos 50 anos, 100 anos e 200 anos se obteve maiores teores de cloreto com o modelo obtido com o perfil medido na idade de 5 anos do que com o modelo obtido com o perfil medido na idade de 9,5 anos (Figuras 3.6 e 3.8) respectivamente, considerando Cs fixo de 0,588%. Isso é explicável, pois o coeficiente de difusão foi maior para a idade de 5 anos do que para a idade de 9,5 anos.

Observa-se para o micro-ambiente MLLS que ao utilizar keq as curvas estimadas a partir do modelo se apresentaram mais semelhantes aos perfis medidos (Figuras 3.9 e 3.10) do que quando se utilizou um k da idade (Figuras 3.6 e 3.8).

3.5.3 Análise do Micro-Ambiente MLLM

Na Figura 3.11 são representados as medições de cloreto no concreto para o micro-ambiente MLLM na idade de 5 anos.

O teor de cloreto na superfície do concreto foi de 0,34 %, sendo k = 0,160 %.ano$^{-1/2}$ e com todos esses parâmetros estimados foi possível obter-se um coeficiente de difusão D = 593,15 mm^2/ano.

Considerando o teor máximo de Cs = 0,588 % em relação à massa do concreto obteve-se t_{troca} = 13,51 anos. Sendo que a partir desse valor se obteve $t_{eq.}$ = 8,34 anos. Portanto, considerando $t_{eq.}$, a difusão de cloretos para Cs variável de 593,15 mm^2/ano e com a equação 2.8 foi possível traçar o perfil no qual Cs atinge o valor máximo fixo de 0,588%. O mesmo foi realizado para as idades de 50, 100 e 200 anos, porém, para cada idade foi recalculado o tempo equivalente (teq) necessário de penetração de íons cloreto, considerando que Cs não varie mais com a idade do concreto os quais foram de 44,83 anos; 94,83 anos e 194,83 anos, respectivamente. O comportamento desses perfis pode ser observado através da Figura 3.12 os quais são representados pelos perfis de estimativa para Cs fixo.

Com o objetivo de traçar um perfil de previsão do comportamento do teor de cloreto aos 9,5 anos, se obteve a curva estimada para 9,5 anos (Figura 3.12).

Ainda para o micro-ambiente MLLM, a fim de avaliar o comportamento de teor de cloreto utilizando o perfil medido aos 9,5 anos, realizaram-se os mesmos procedimentos utilizados aos 5 anos. Observa-se o perfil medido aos 9,5 anos e sua regressão (Figura 3.13). O valor de Cs encontrado com a regressão foi de 0,59 % em relação à massa do concreto. A partir de Cs calculou-se k = 0,191 %.ano$^{-1/2}$ e considerando esses parâmetros foi possível obter-se um coeficiente de difusão D = 451,80 mm^2/ano. Com o objetivo de traçar um perfil de previsão do comportamento do teor de cloreto aos 5 anos, se obteve-se o perfil estimado para idade de 5 anos (Figura 3.14).

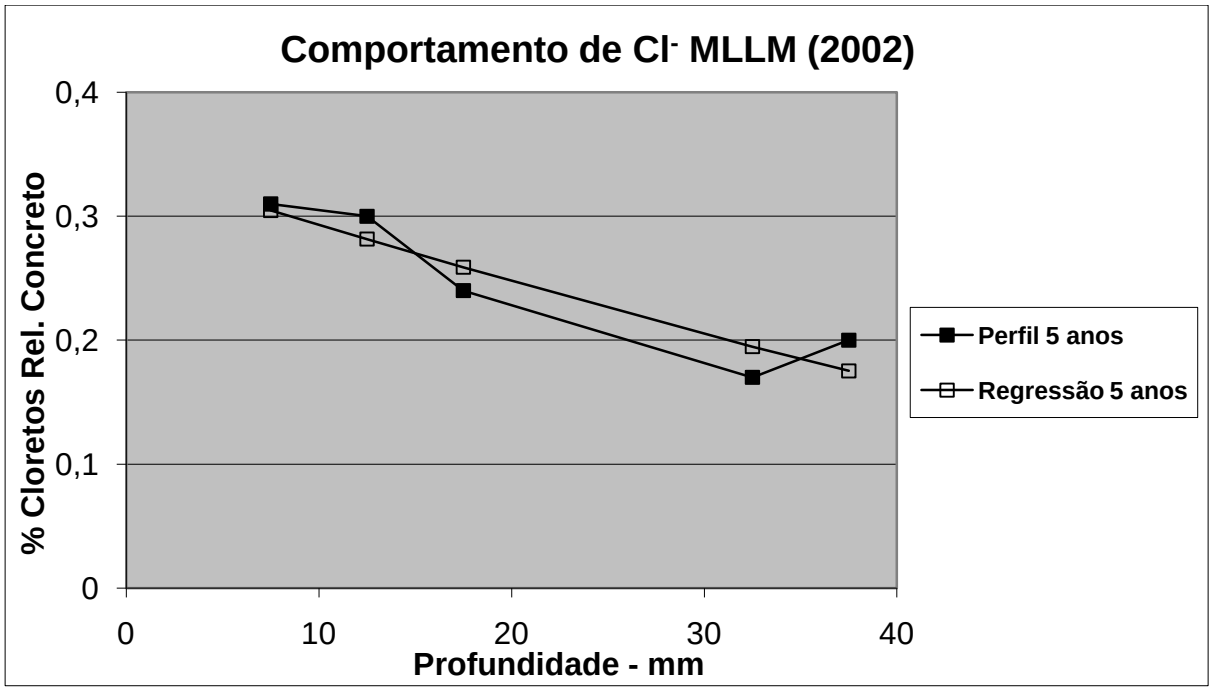


Figura 3.11 – Comportamento do % de cloretos (em relação à massa do concreto) em função da profundidade para o micro-ambiente MLLM na idade de 5 anos.

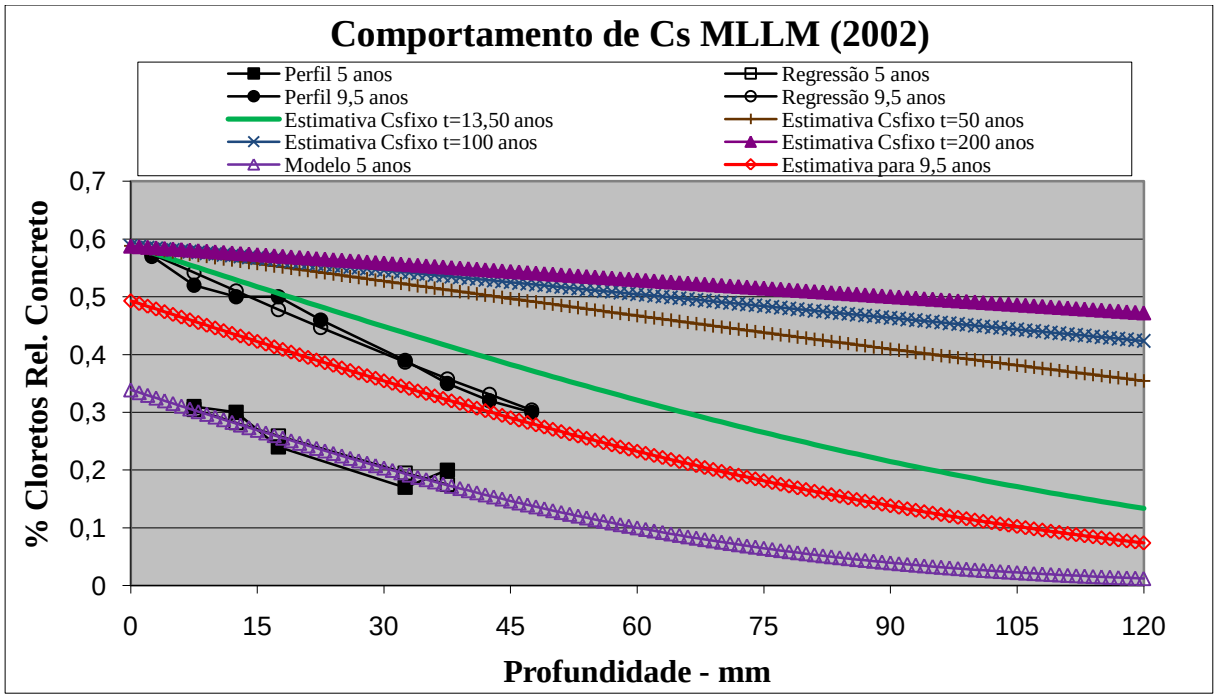


Figura 3.12 - Comportamento dos perfis de cloreto para o ponto MLLM utilizando modelo a partir do perfil medido aos 5 anos – estimativa para 5 anos, 9,5 anos, tempo de troca, 50 anos, 100 anos e 200 anos.

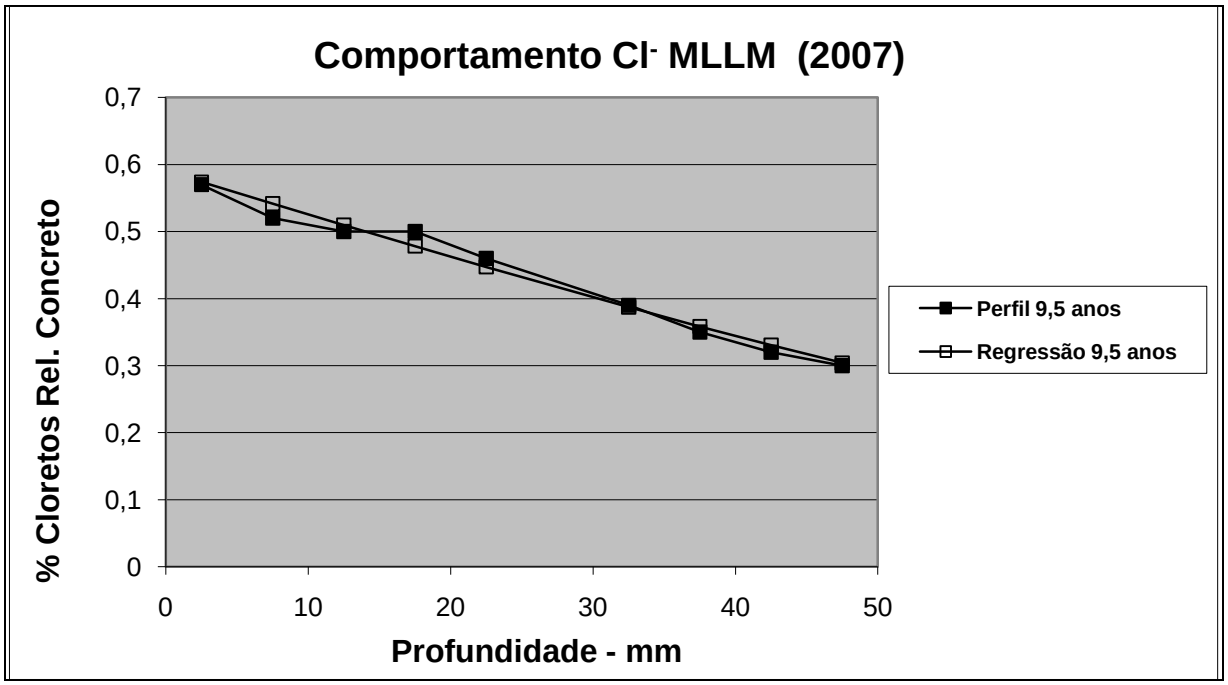


Figura 3.13 – Comportamento do % de cloretos (em relação à massa do concreto) em função da profundidade para o micro-ambiente MLLM na idade de 9,5 anos.

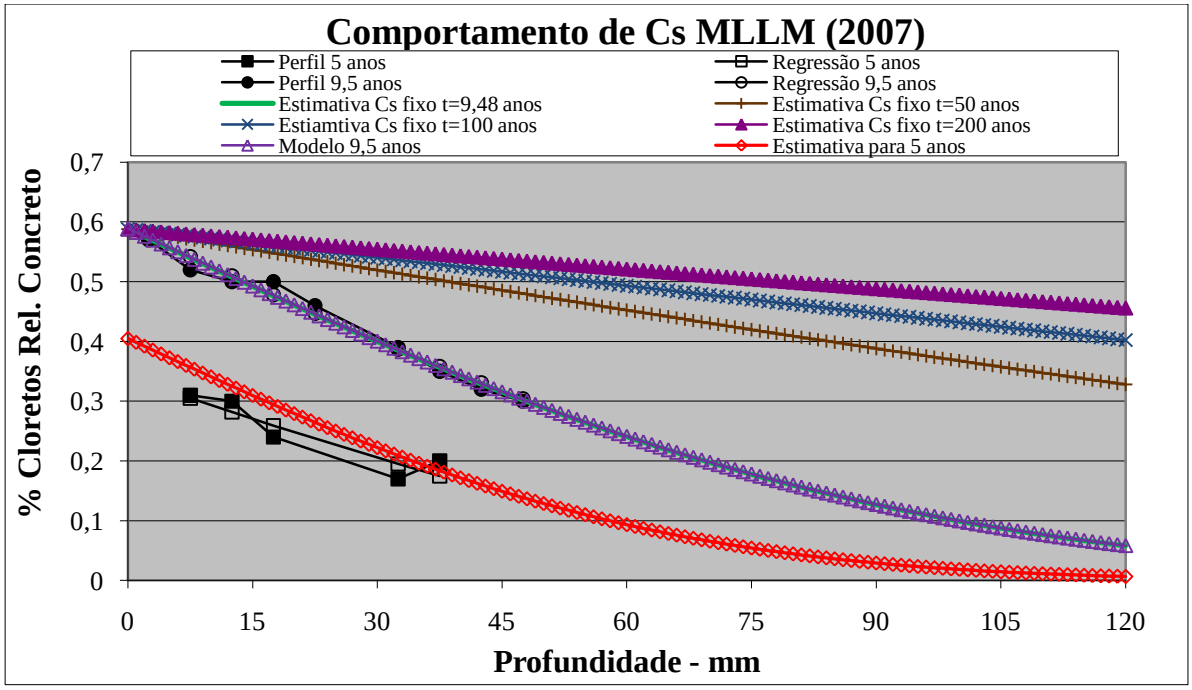


Figura 3.14 – Comportamento dos perfis de cloreto para o ponto MLLM utilizando perfil medido aos 9,5 anos – perfis estimados para 5 anos, 9,5 anos, tempo de troca, 50 anos, 100 anos e 200 anos.

Na idade de 9,5 anos considerando o teor máximo de Cs = 0,588 % em relação à massa do concreto calculou-se o tempo necessário para o qual o teor de cloreto na superfície do concreto (Cs) atinge o valor máximo, ou seja, t_{troca} = 9,48 anos. Por outro lado, a partir desse valor se obteve $t_{eq.}$ = 5,85 anos, ou seja, o tempo no qual Cs não varia mais ao longo do tempo. Portanto, considerando $t_{eq.}$, a difusão de cloretos para Cs variável de 451,80 mm^2/ano foi possível traçar o perfil no qual Cs atinge o valor máximo fixo de 0,588%. Por outro lado para 50 anos, 100 anos e 200 anos foi recalculado o tempo equivalente (teq) necessário de penetração de íons cloreto, considerando Cs fixo os quais foram de 46,37 anos; 96,37 anos e 196,37 anos, respectivamente (Figura 3.14).

O valor de keq estimado (ANEXO F) para o micro-ambiente MLLM foi de 0,181.

Utilizando o perfil medido aos 5 anos e considerando keq, o novo valor de D obtido foi 465,11 mm^2/ano. Com o objetivo de traçar um perfil de previsão do comportamento do teor de cloreto foi estimado o perfil para a idade de 9,5 anos a partir da curva modelo aos 5 anos (Figura 3.15).

Ainda considerando keq na idade de 5 anos, o tempo necessário para a estabilização de Cs de 0,588% em relação a massa do concreto foi de t_{troca} = 10,55 anos. Sendo que a partir desse valor se obteve teq. = 6,51 anos. A partir de $t_{eq.}$, a difusão de cloretos para Cs variável de 465,11 mm^2/ano, obteve-se o perfil no qual Cs atinge o valor máximo de 0,588%. Entretanto, para 50 anos, 100 anos e 200 anos foi recalculado o tempo equivalente (teq) necessário para a penetração de cloreto os quais foram de 45,96 anos; 95,96 e 195,96 anos, respectivamente (Figura 3.15).

Aos 9,5 anos considerando keq o novo valor de D encontrado foi de 503,11 mm^2/ano. Com o objetivo de traçar um perfil de previsão do comportamento do teor de cloreto foi estimado o perfil aos 5 anos, a partir da curva modelo aos 9,5 anos (Figura 3.16).

Considerando keq para o modelo da curva aos 9,5 anos, o tempo necessário para a estabilização de Cs de 0,588% em relação a massa do concreto foi de t_{troca} = 10,55 anos. Sendo que a partir desse valor se obteve o tempo equivalente, ou seja, $t_{eq.}$ = 6,51 anos. Portanto, considerando $t_{eq.}$, a difusão de cloreto para Cs variável de 503,11 mm^2/ano e com a equação 2.8 foi possível traçar o perfil no qual Cs atinge o valor máximo de 0,588%. O mesmo foi realizado para as idades de 50 anos, 100 anos e 200 anos, porém, foi recalculado o tempo equivalente (teq) necessário para a penetração de cloreto os quais foram de 45,96 anos; 95,96 e 195,96 anos, respectivamente. Na Figura 3.16 são representados esses perfis.

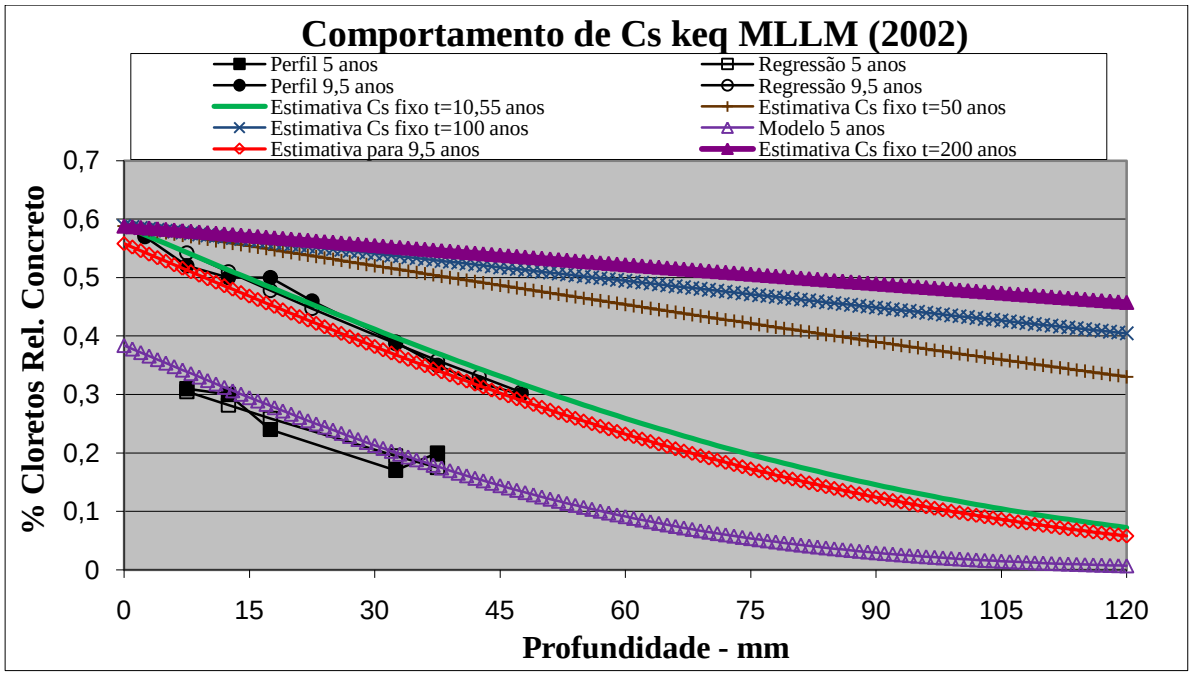


Figura 3.15 – Comportamento dos perfis de cloreto para o ponto MLLM utilizando perfil medido aos 5 anos e keq – perfis estimados para 5 anos, 9,5 anos, tempo de troca, 50 anos, 100 anos e 200 anos.

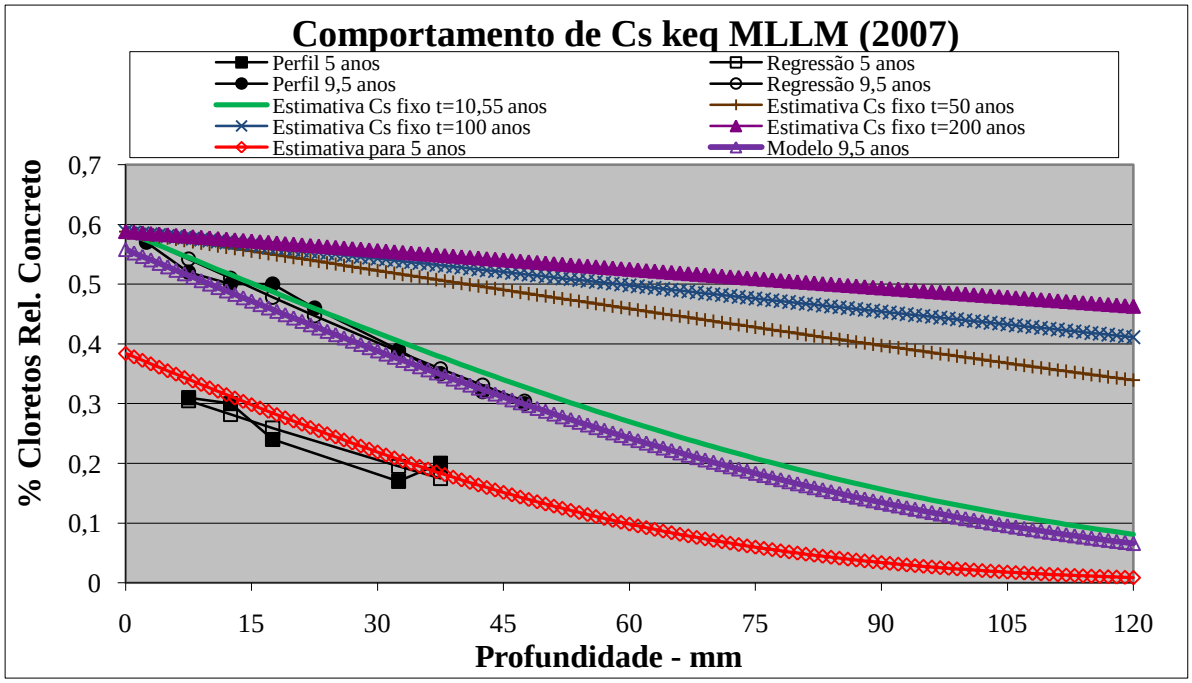


Figura 3.16 – Comportamento dos perfis de cloreto para o ponto utilizando perfil medido aos 9,5 anos e keq – perfis estimados para 5 anos, 9,5 anos, tempo de troca, 50 anos, 100 anos e 200 ano

Na tabela 3.10 são descritos de forma resumida todos os parâmetros obtidos para o micro-ambiente MLLM.

Tabela 3.10 - Resultados obtidos da análise do micro-ambiente MLLM.

Micro-ambiente MLLM						
Idade	**Cs(Relação Concreto).**	**k mm.ano$^{-1/2}$**	**D(mm^2/ano)**	**teq.(anos)**	**ttroca(anos)**	**keq**
5 anos	0,34 %	0,160	593,15	8,34	13,51	-
9,5 anos	0,59 %	0,191	451,80	5,85	9,48	-
keq $_{5\ anos}$	0,34 %	0,181	465,11	6,51	10,55	0,181
keq $_{9,5\ anos}$	0,59 %	0,181	503,11	6,51	10,55	0,181

Nota-se a partir da tabela 3.10 que, com o aumento da idade de 5 para 9,5 anos, o teor máximo de cloreto na superfície do concreto aumentou de 0,34 % para 0,59 %.

Na idade de 9,5 anos como valor de Cs foi de 0,59 % em relação à massa do concreto se supõe que nessa idade, esse ambiente já tenha atingido o valor máximo de estabilização de Cs.

Com o uso de um keq = 0,181 o coeficiente de difusão de cloretos estimado aumentou da idade de 5 anos para 9,5 anos, ou seja, de 593,15 mm^2/ano para 451,80 mm^2/ano.

- <u>Comentários dos resultados obtidos através da Figura 3,11:</u> O perfil medido aos 5 anos, do ponto MLLM, é caracterizado por apresentar um decréscimo no teor de cloreto até a profundidade de 32,5 mm, porém aos 37,5 mm houve um novo crescimento do teor de cloretos no concreto. A regressão dos pontos realizada para o perfil de 5 anos é representada pela curva regressão aos 5 anos a qual apresentou boa correlação com os pontos que representam o perfil real.

- <u>Comentários dos resultados obtidos através da Figura 3.12:</u> Utilizando o perfil medido aos 5 anos, a curva estimada para a idade de 9,5 anos demonstrou-se um pouco distante do perfil medido aos 9,5 anos.

Também, com o perfil medido aos 5 anos foram estimados os perfis de cloreto para o qual se supõe que Cs não varie mais com a idade do concreto, valor esse em torno de 0,588 % em relação à massa do concreto. Essas curvas foram denominadas de Estimativa de Cs fixo para t=13,51 anos, t=50 anos, t=100 anos e t=200 anos as quais representam a penetração real de cloretos para tempos equivalentes (teq) de 8,34 anos; 44,83 anos; 94,83 anos e 194,83 anos, respectivamente. Observando esses perfis nota-se que os teores de cloreto foram de aproximadamente 0,134%; 0,354%; 0,424% e 0,472%, respectivamente.

- Comentários dos resultados obtidos através da Figura 3.13: A curva denominada de perfil de 9,5 anos é a que representa as medições de cloretos no concreto para MLLM na idade de 9,5 anos. A regressão deste perfil se manteve na média dos pontos e com inclinação semelhante à curva do perfil medida aos 9,5 anos.

- Comentários dos resultados obtidos através da Figura 3.14: Utilizando o perfil medido aos 9,5 anos se estimou a curva aos 5 anos, a qual apresentou ligeira similaridade as medições de cloreto aos 5 anos.

Foram estimados os perfis de cloreto para o qual se supõe que Cs não varie mais com a idade do concreto, valor esse em torno de 0,588 % em relação à massa do concreto. Essas curvas foram denominadas de Estimativa de Cs fixo para t=9,48 anos, t=50 anos, t=100 anos e t=200 anos as quais representam a penetração real de cloretos para tempos equivalentes (teq) de 5,85 anos; 46,37 anos; 96,37 anos e 196,37 anos, respectivamente. Observando estes perfis nota-se que os teores de cloreto foram de aproximadamente 0,058%; 0,328%; 0,402% e 0,456%, respectivamente.

- Considerando as Figuras 3.15 e 3.16: Vale ressaltar que utilizando keq e o perfil medido na idade de 5 anos, a curva estimada aos 9,5 anos apresentou similaridade entre os pontos e inclinação da curva semelhante ao perfil medido aos 9,5 anos, com exceção da profundidade de 17,5 mm, onde a referida curva de estimativa demonstrou estar um pouco afastada da referida curva (Figura 3.15).

Por outro lado, ao utilizar keq e o perfil medido na idade de 9,5 anos, o perfil estimado aos 5 anos apresentou-se semelhante aos pontos do perfil medido aos 5 anos, porém, com inclinação ligeiramente diferente deste perfil (Figura 3.16).

- Considerando as Figuras 3.12 e 3.14: Nas Figuras 3.12 e 3.14 são representados os perfis de previsão do comportamento do teor de cloreto a partir dos perfis medidos nas idades de 5 e 9,5 anos, respectivamente. Esses perfis apresentaram resultados satisfatórios, porém se obteve uma melhor representação do perfil medido aos 9,5 anos, pois a curva estimada aos 5 anos apresentou maior similaridade e inclinação ao perfil medido de cloretos aos 5 anos (Figura 3.14), se comparado a estimativa aos 9,5 anos em relação ao perfil medido aos 9,5 anos (Figura 3.12).

Verifica-se para o micro-ambiente MLLM que o teor de cloretos para as idades de 50 anos, 100 anos e 200 anos, considerando Cs fixo de 0, 588% em relação à massa do concreto, mantiveram-se maiores quando estimados com o perfil medido aos 5 anos (Figura 3.12) do que com o perfil medido para a idade de 9,5 anos (Figura 3.14), ao longo da profundidade do concreto. Porém, esta diferença de valores foi menos acentuada para a idade de 200 anos, se comparado com as idades de 50 e 100 anos.

Por outro lado, a idade para que Cs atinja o valor fixo de 0,588 % foi maior, ao utilizar o perfil medido aos 5 anos do que o perfil medido na idade de 9,5 anos, ou seja, levando em conta a idade 5 anos, a partir de 8 anos se obteve a estabilização de Cs, enquanto que para a idade de 9,5 anos essa estabilização já é atingida a partir dos 5 anos de exposição do concreto (tabela 3.12).

Pode-se dizer para o micro-ambiente MLLM que ao utilizar o modelo para keq, as curvas de estimativa se apresentaram um pouco mais na média dos pontos dos perfis medidos de cloreto (Figuras 3.15 e 3.16) do que se utilizou o k da idade (Figuras 3.12 e 3.14).

3.5.4 Análise do Micro-Ambiente MLOM

Na Figura 3.17 é apresentado o perfil medido para o micro-ambiente MLOM representado por perfil de 5 anos. A partir desse perfil foi realizada regressão a qual é representada por regressão aos 5 anos. O teor de cloreto na superfície do concreto a partir da regressão foi de 0,23 % em relação à massa do concreto. A partir de Cs obteve-se k = 0,108 $\%.ano^{-1/2}$ e com esses parâmetros estimados foi obtido um coeficiente de difusão D = 470,04 mm^2/ano.

A partir do modelo obtido com o perfil medido aos 5 anos obteve-se o perfil denominado de estimativa para 9,5 anos obtido através de modelo aos 5 anos (Figura 3.18).

Com o perfil medido aos 5 anos, considerando o teor máximo de Cs = 0,588 % em relação à massa do concreto obteve-se t_{troca} = 29,64 anos e t_{eq} = 18,30 anos. Considerando t_{eq} e a difusão de cloretos de 470,04 mm^2/ano foi possível traçar o perfil no qual Cs atinge o valor máximo fixo de 0,588%. O mesmo foi realizado para as idades de 50 anos, 100 anos e 200 anos, porém, para cada idade foi recalculado o tempo equivalente (teq), os quais foram de 38,66 anos; 88,66 anos e 188,66 anos, respectivamente (Figura 3.18), os quais são representados pelos perfis de estimativa para Cs fixo.

Ainda para o micro-ambiente MLOM a fim de avaliar o comportamento de teor de cloreto aos 9,5 anos, realizaram-se os mesmos procedimentos utilizados aos 5 anos.

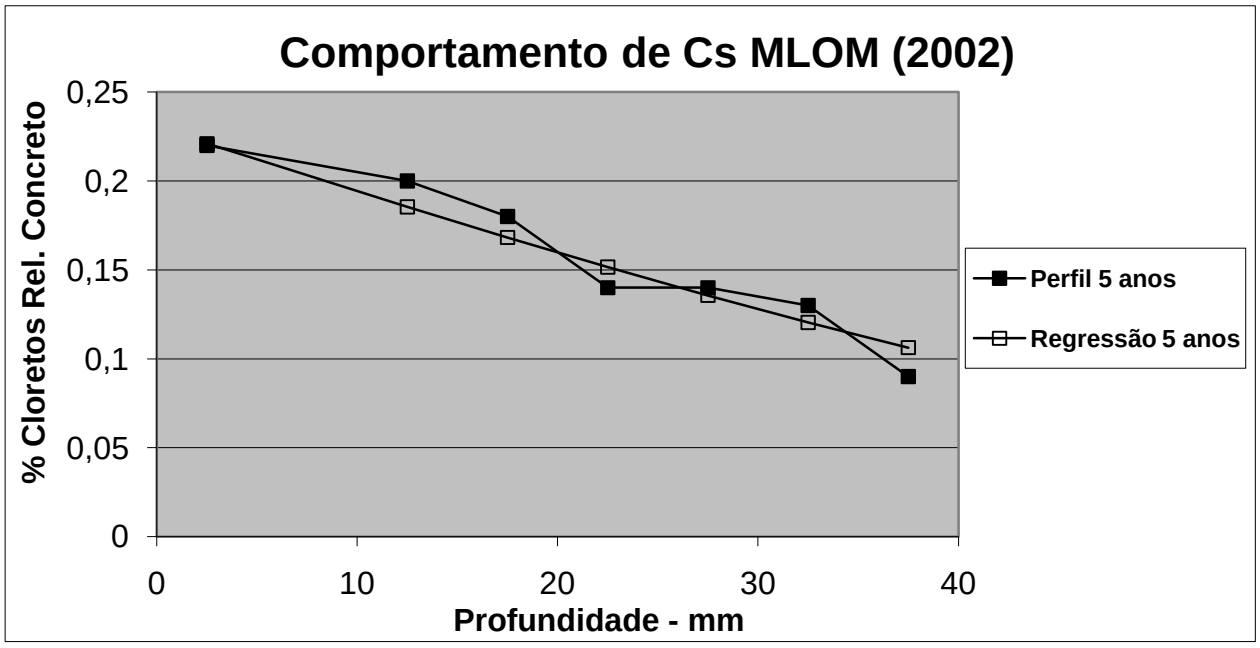


Figura 3.17 – Comportamento do % de cloretos (em relação à massa do concreto) em função da profundidade para o micro-ambiente MLOM na idade de 5 anos.

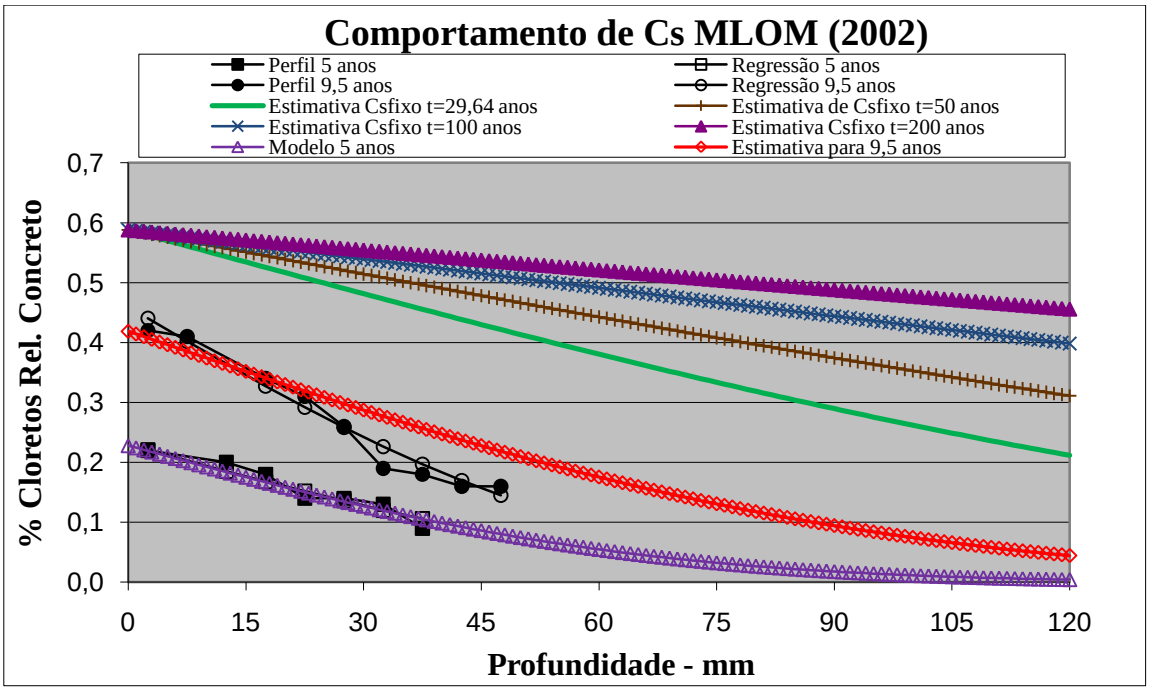


Figura 3.18 - Comportamento dos perfis de cloreto para o ponto MLOM utilizando perfil medido aos 5 anos – perfis estimados para 5 anos, 9,5 anos, tempo de troca, 50 anos, 100 anos e 200 anos.

Pode-se notar a partir da Figura 3.19 o perfil medido 9,5 anos e regressão aos 9,5 anos. O valor de Cs encontrado com a regressão foi de 0,46 % em relação à massa do concreto. A partir de Cs calculou-se k = 0,149 e um coeficiente de difusão D = 189,26 mm^2/ano.

A fim de traçar um perfil de previsão do comportamento do teor de cloreto aos 5 anos, se obteve a partir de modelo aos 9,5 anos o perfil de estimativa para 5 anos (Figura 3.20).

Utilizando o perfil de cloretos medido na idade de 9,5 anos e considerando o teor máximo de Cs = 0,588 % em relação à massa do concreto obteve-se o tempo necessário para o qual o teor de cloreto na superfície do concreto (Cs) atinja o valor máximo, ou seja, t_{troca} = 15,57 anos. Sendo que a partir desse valor se obteve teq = 9,61 anos. Portanto, considerando t_{eq}, a difusão de cloretos para Cs variável de 189,26 mm^2/ano e a equação 2.8 foi possível traçar o perfil no qual Cs atinge o valor máximo fixo de 0,588%. O mesmo foi realizado para as idades de 50, 100 e 200 anos, porém, o tempo equivalente (teq) necessário à penetração de íons cloretos foram de 44,04 anos; 94,04 anos e 194,04 anos, respectivamente, (Figura 3.20) os quais são representados pelos perfis de estimativa para Cs fixo.

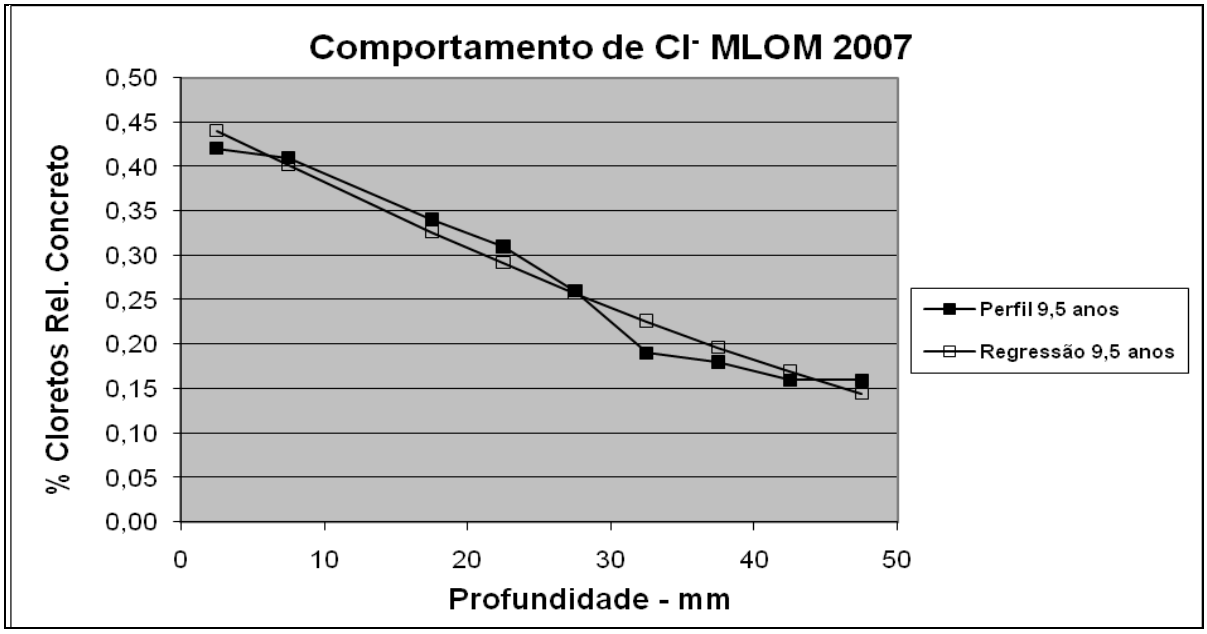


Figura 3.19 – Comportamento real do % de cloretos (em relação à massa do concreto) em função da profundidade para o micro-ambiente MLOM na idade de 9,5 anos.

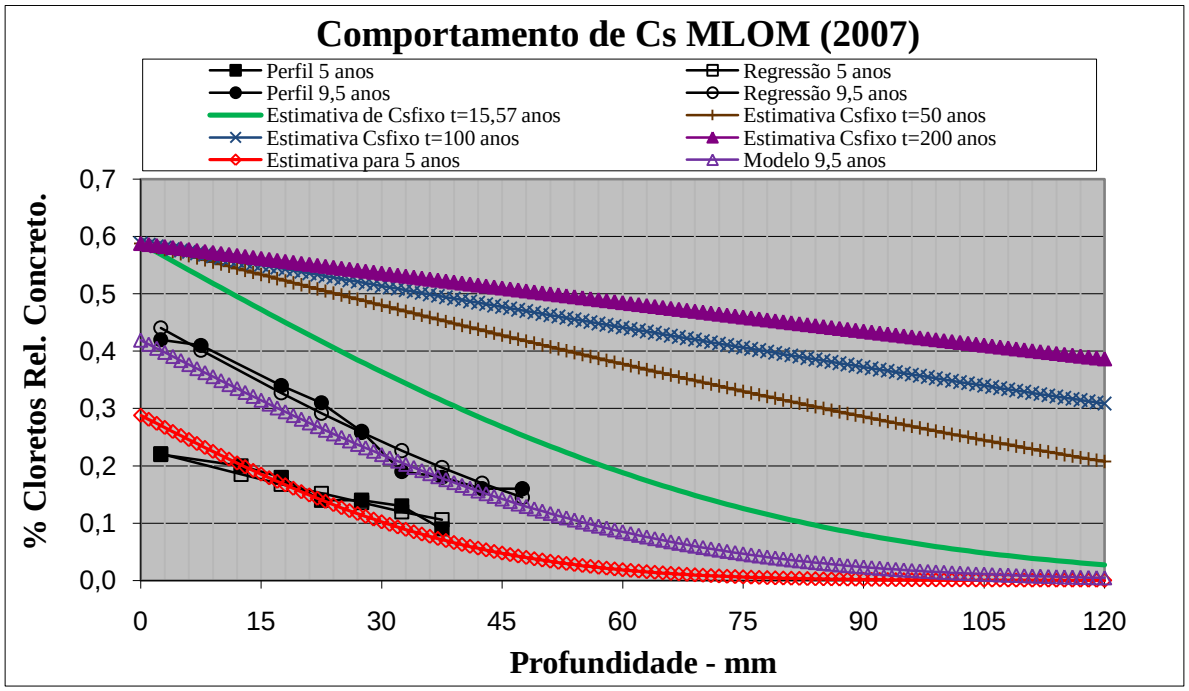


Figura 3.20 – Comportamento dos perfis de cloreto para o ponto MLOM utilizando perfil medido aos 9,5 anos – perfis estimados para 5 anos, 9,5 anos, tempo de troca, 50 anos, 100 anos e 200 anos.

O valor de keq estimado para o micro-ambiente MLOM foi de 0,136 %.ano$^{-1/2}$.

Na idade de 5 anos, considerando keq o novo valor de D encontrado foi de 296,42 mm^2/ano. Na Figura 3.21 é representado o perfil estimado para a idade de 9,5 anos obtido a partir do perfil modelo aos 5 anos.

Sendo keq aos 5 anos, o tempo necessário para a estabilização de Cs considerado de 0,588% em relação a massa do concreto foi de t_{troca} = 18,69 anos. Sendo que a partir desse valor se obteve t_{eq} = 11,54 anos. Portanto, considerando t_{eq}, a difusão de cloreto para Cs variável de 296,42 mm^2/ano foi possível traçar o perfil no qual Cs atinge o valor considerado máximo de 0,588%. O mesmo foi realizado para as idades de 50 anos, 100 e 200 anos, porém, foram recalculados os tempos equivalentes de 42,85 anos; 92,85 anos e 192,85 anos, respectivamente, (Figura 3.21).

Utilizando o perfil medido aos 9,5 anos e considerando keq o novo valor de D encontrado foi de 227,17 mm^2/ano. Na Figura 3.22 é representado o perfil estimado para a idade de 5 anos.

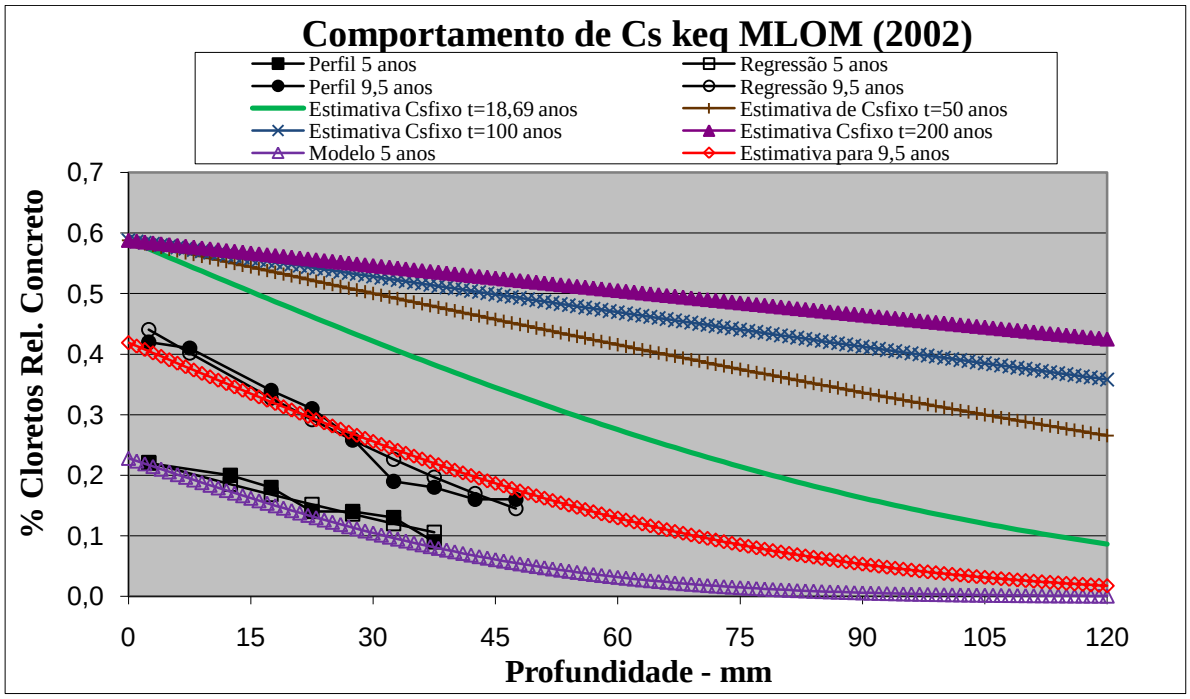


Figura 3.21 – Comportamento dos perfis de cloreto para o ponto MLOM utilizando perfil medido aos 5 anos e keq – perfis estimados para 5 anos, 9,5 anos, tempo de troca, 50 anos, 100 anos e 200 anos.

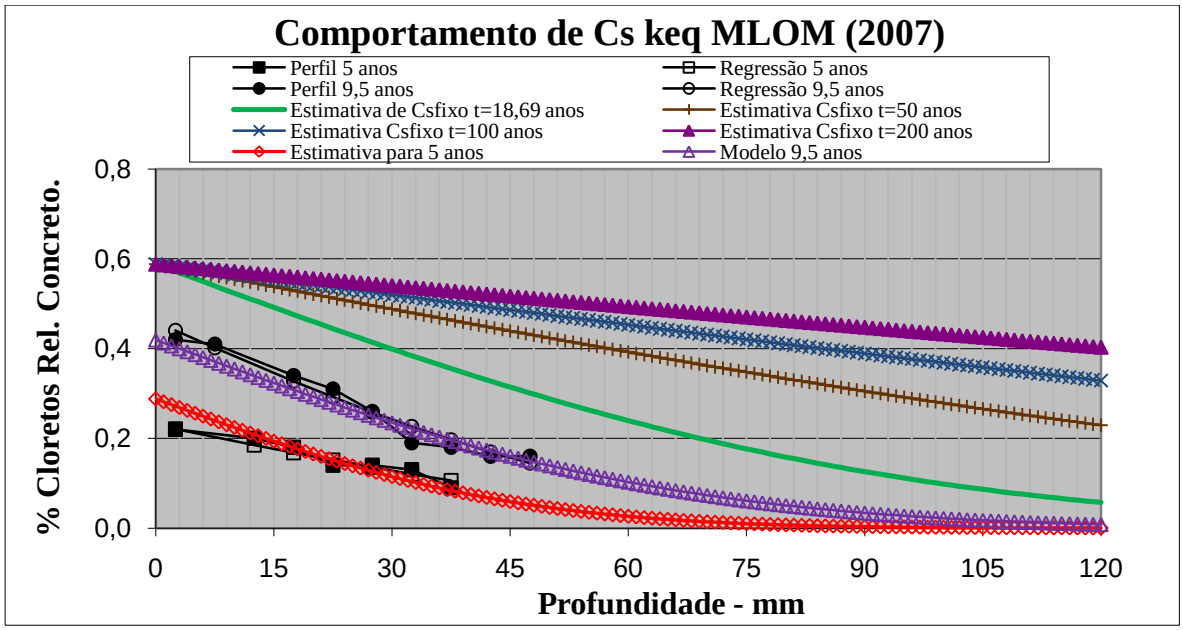


Figura 3.22 – Comportamento dos perfis de cloreto para o ponto MLOM utilizando perfil medido aos 9,5 anos e keq – perfis estimados para 5 anos, 9,5 anos, tempo de troca, 50 anos, 100 anos e 200 anos.

Na tabela 3.11 são apresentados os parâmetros obtidos para o micro-ambiente MLOM.

Tabela 3.11 - Resultados obtidos da análise do micro-ambiente MLOM.

Micro-ambiente MLOM						
Idade	**Cs(Relação Concreto).**	**k mm.ano$^{-1/2}$**	**D(mm^2/ano)**	**teq(anos)**	**ttroca(anos)**	**keq**
5 anos	0,23 %	0,108	470,04	18,30	29,64	-
9,5 anos	0,46 %	0,149	189,26	9,61	15,57	-
keq $_{5\ anos}$	0,23 %	0,136	296,42	11,54	18,69	0,136
keq $_{9,5\ anos}$	0,46 %	0,136	227,17	11,54	18,69	0,136

Nota-se a partir da tabela 3.11 que o teor de cloreto na superfície do concreto aumentou de 0,23 para 0,46 % em relação à massa do concreto dos 5 para 9,5 anos, respectivamente. Assim como o Cs aumentou, o valor de k também aumentou ao longo do tempo, entretanto o coeficiente de difusão reduziu para menos da metade, ou seja, de 470,04 para 189,26 mm^2/ano.

Por outro lado, o keq entre as idades de 5 e 9,5 anos foi de 0,136 %.ano$^{-1/2}$, sendo que os coeficientes de difusão calculados a partir desse parâmetro não apresentaram grandes modificações com o tempo, ou seja, de 296,42 mm^2/ano aos 5 anos e de 227,17 mm^2/ano aos 9,5 anos.

- Comentários dos resultados obtidos através da Figuras 3.17 e 3.19: As curvas, perfil medido aos 5 anos e regressão aos 5 anos apresentaram comportamento similar, ou seja, a curva regressão se manteve na média dos pontos e com inclinação semelhante ao perfil medido aos 5 anos (Figura 3.17).

Na idade de 9,5 anos, também se obteve um comportamento similar entre as curvas regressão e perfil medido aos 9,5 anos (Figura 3.19).

- Comentários dos resultados obtidos através da Figuras 3.18: Considerando o modelo obtido com o perfil medido na idade de 5 anos deve-se salientar que o perfil estimado para a idade de 9,5 anos apresentou comportamento similar ao perfil medido 9,5 anos. Porém, em profundidades superiores a 22,5 mm o comportamento da curva estimada para idade de 9,5 anos manteve-se com inclinação um pouco diferente do comportamento do perfil medido.

Os perfis estimados de cloreto para MLOM através do perfil medido aos 5 anos, considerando Cs fixo para as idades de t=29,64 anos, t=50 anos, t=100 anos e t=200 anos, apresentaram tempos equivalentes (teq) de aproximadamente de 18,30 anos; 38,66 anos; 88,66 anos e 188,66 anos, respectivamente. Analisando esses perfis de estimativa, observa-se que os teores de cloreto foram valores em torno de 0,212 %; 0,311 %; 0,398 % e 0,456 % em relação à massa do concreto, nas respectivas idades (Figura 3.18).

- Comentários dos resultados obtidos através da Figura 3.20: Utilizando o modelo obtido com perfil medido na idade de 9,5 anos obteve-se o perfil estimado para a idade de 5 anos, o qual é caracterizado por manter seus pontos próximos ao perfil de medição de cloretos, exceto por uma ligeira diferença de declividade entre as respectivas curvas.

Na Figura 3.20 são apresentados os perfis estimados de cloreto para MLOM nas idades de t=15,57 anos, t=50 anos, t=100 anos e t=200 anos os quais representam a penetração de cloreto, nos tempos equivalentes (teq) de aproximadamente de 9,61 anos; 44,04 anos; 94,04 anos e 194,04 anos, respectivamente.

Ainda considerando o modelo obtido com perfil medido na idade de 9,5 anos deve-se salientar que os perfis denominados de estimativa para Cs fixo aos 15,57 anos; 50 anos; 100 anos e 200 anos, apresentaram teores de cloreto de 0,027 %; 0,207 %; 0,309 % e 0,387 % em relação a massa do concreto, respectivamente.

- Comentários ds resultados obtidos através da Figuras 3.21: utilizando o perfil medido aos 5 anos e keq, obteve-se a curva estimada para a idade de 9,5 anos com valores similares ao perfil medido de 9,5 anos.

Para o modelo da curva medida aos 5 anos, considerando keq, o tempo necessário para estabilização de Cs foi de 18,69 anos e considerando a previsão do comportamento do concreto para essa idade e, para 50, 100 e 200 anos, os teores de cloreto foram de aproximadamente de 0, 086 %; 0,265 %; 0,358 % e 0,425 % em relação a massa do concreto, respectivamente.

É importante salientar os perfis de cloreto para MLOM obtidos com o perfil medido aos 5 anos e considerando keq, nas idades de t=18,69 anos, t=50 anos, t=100 anos e t=200 anos, os quais representam a penetração de cloreto, nos tempos equivalentes (teq) de 11,54 anos; 42,85 anos; 92,85 anos e 192,85 anos, respectivamente.

- Comentários dos resultados obtidos através da Figuras 3.22: Para o modelo obtido com o perfil medido aos 9,5 anos e utilizando keq, a curva estimada para a idade de 5 anos manteve comportamento similar ao perfil medido aos 5 anos, sendo que é possível se observar uma ligeira diferença de declividade entre esses perfis.

Para o modelo obtido a partir do perfil medido aos 9,5 anos, considerando keq, o tempo necessário para estabilização de Cs foi de 18,69 anos e considerando a previsão de comportamento do concreto para esta idade e para 50 anos, 100 e 200 anos os teores de cloreto foram de 0,057 %; 0,229 %; 0,329 % 0,403 % em relação a massa do concreto, respectivamente.

- Considerando os resultados obtidos através da Figuras 3.18 e 3.20: Nota-se que o tempo necessário para que Cs atinja o valor fixo de 0,588 % em relação a massa do concreto foi maior ao considerar-se o perfil medido aos 5 anos do que o perfil medido aos 9,5 anos, ou seja, levando em conta a idade 9,5 anos, a partir de 9 anos se obtém a estabilização, enquanto que para a idade de 5 anos essa estabilização somente será atingida a partir dos 18 anos de exposição do concreto (tabela 3.11).

Deve-se salientar que os teores de cloreto para MLOM estimados nas idades de 50 anos, 100 e 200 anos, considerando Cs fixam de 0, 588% em relação à massa do concreto, mantiveram-se maior para o modelo considerando o perfil medido aos 5 anos do que com o perfil medido aos 9,5 anos (Figuras 3.18 e 3.20) ao longo da profundidade do concreto.

- Considerando os resultados obtidos através das Figuras 3.18, 3.20, 3.21 e 3.22: A curva estimada para a idade de 9,5 anos utilizando o modelo obtido com o perfil medido aos 5 anos e keq manteve-se mais próxima do perfil medido aos 9,5 anos (Figura 3.21) se comparado com a curva estimada para 9,5 anos, a partir do perfil medido aos 5 anos e k da idade de 5 anos (Figura 3.18). O mesmo se pode dizer sobre a estimativa para a idade de 5 anos quando se considerou keq (Figura 3.22) em relação ao comportamento da estimativa para a idade de 5 anos quando se utilizou o k da idade de 5 anos (Figura 3.20).

Nota-se através das Figuras 3.21 e 3.22 que, ao utilizar um keq, as estimativas para 9,5 anos e para 5 anos demonstraram maior semelhança aos perfis medidos (perfil aos 9,5 anos e perfil aos 5 anos), respectivamente, nas Figuras 3.19 e 3.17, do que quando se utilizou um k para cada idade (Figuras 3.18 e 3.20).

3.5.5 Análise do Micro-Ambiente MLOI

Na Figura 3.23 são apresentados os perfis de medição de cloreto no concreto para o micro-ambiente MLOI representados pelo perfil de 5 anos. A partir dessa curva obteve-se o perfil de regressão aos 5 anos. O teor de cloreto na superfície do concreto encontrado a partir da regressão foi de 0,43 % em relação à massa do concreto. A partir de Cs = 0,43 %, calculou-se k = 0, 203 %.ano$^{-1/2}$ e um coeficiente de difusão D = 185,14 mm^2/ano. A partir do modelo aos 5 anos se estimou o perfil de 9,5 anos (Figura 3.24).

Para o modelo obtido com o perfil medido aos 5 anos, se obteve t_{troca} = 8,39 anos, sendo que teq = 5,18 anos (Figura 3.24).

Ainda para o micro-ambiente MLOI a fim de avaliar o comportamento de teor de cloreto através do perfil medido aos 9,5 anos, realizaram-se os mesmos procedimentos utilizados aos 5 anos.

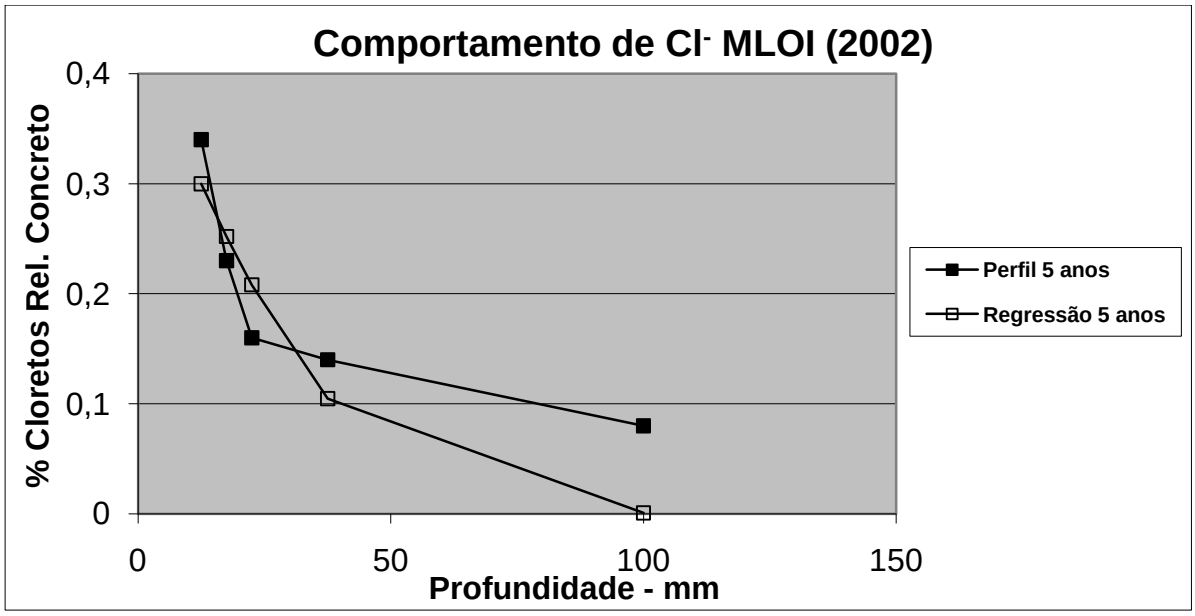


Figura 3.23 – Comportamento dos perfis de cloreto (em relação à massa do concreto) em função da profundidade para o micro-ambiente MLOI para 5 anos.

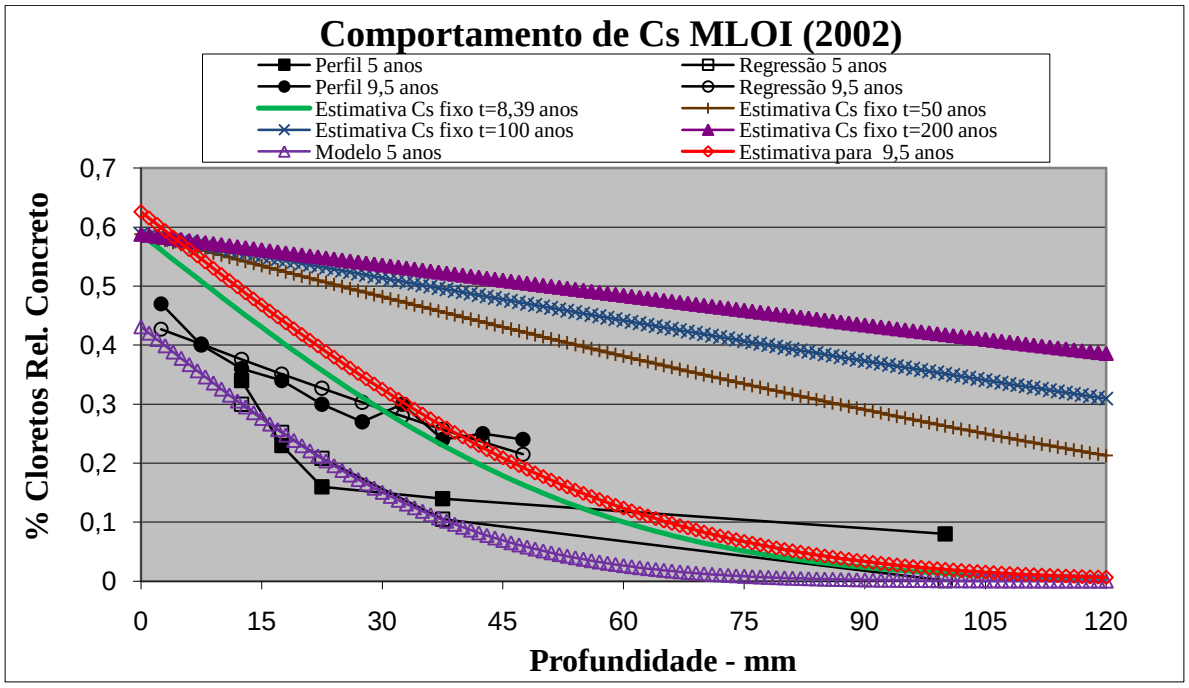


Figura 3.24 – Comportamento dos perfis de cloreto para o ponto MLOI utilizando perfil medido aos 5 anos – perfis estimados para 5 anos, 9,5 anos, tempo de troca, 50 anos, 100 anos e 200 anos.

Pode-se observar a partir da Figura 3.25 o perfil medido aos 9,5 anos e sua regressão. O valor de Cs encontrado com a regressão foi de 0,44 % em relação à massa do concreto. A partir de Cs calculou-se k = 0,143 %.ano$^{-1/2}$ e considerando estes parâmetros foi possível obter um coeficiente de difusão D = 399,14 mm^2/ano.

Com o objetivo de traçar um perfil de previsão do comportamento do teor de cloreto aos 5 anos, se estimou o perfil de 5 anos obtido a partir do perfil de 9,5 anos (Figura 3.26).

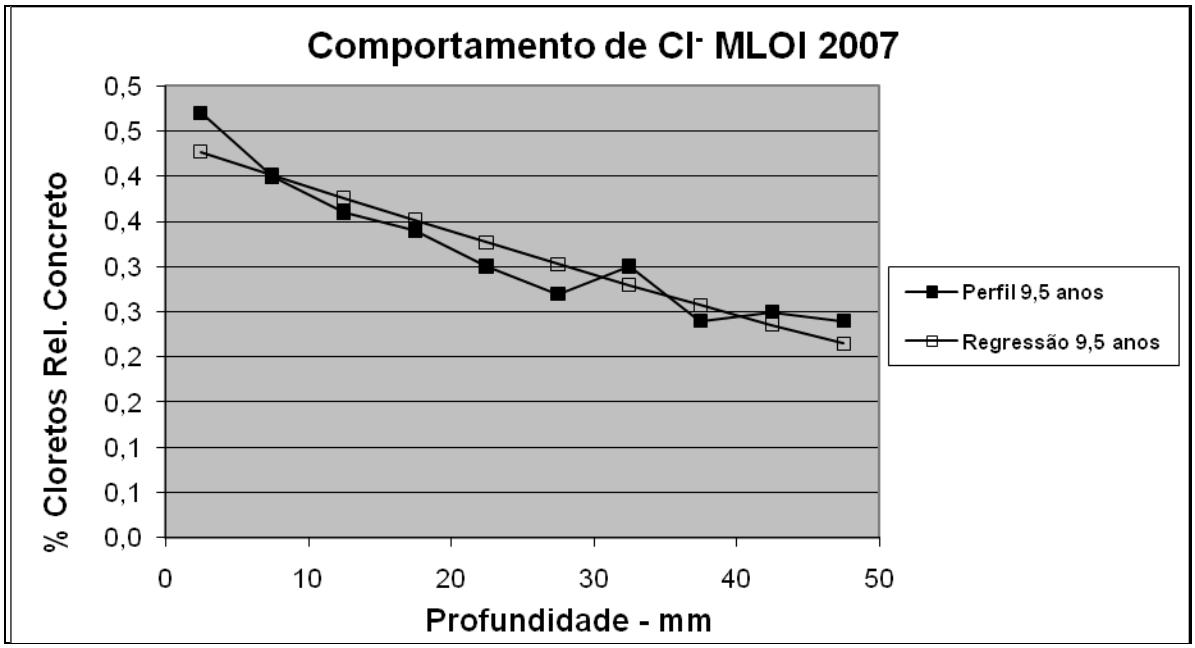


Figura 3.25 – Comportamento dos perfis de cloreto (em relação à massa do concreto) em função da profundidade para o micro-ambiente MLOI para 9,5 anos.

Para o modelo da curva medida aos 9,5 anos, considerando o teor máximo de Cs = 0,588 % em relação à massa do concreto se obteve o tempo necessário para o qual o teor de cloreto na superfície do concreto (Cs) atinge o valor máximo, ou seja, t_{troca} = 16,91 anos. Sendo que a partir desse valor obteve-se t_{eq} = 10,44 anos, ou seja, o tempo equivalente no qual Cs não varia mais ao longo do tempo. Portanto, considerando t_{eq}, a difusão de cloretos para Cs variável de 399,14 mm^2/ano foi possível traçar o perfil no qual Cs atinge o valor máximo considerado fixo de 0,588%. O mesmo foi realizado para as idades de 50, 100 e 200 anos, porém, os tempos equivalentes na penetração de íons cloreto foram: 43,53 anos; 93,53 anos e 193,53 anos, respectivamente (Figura 3.26).

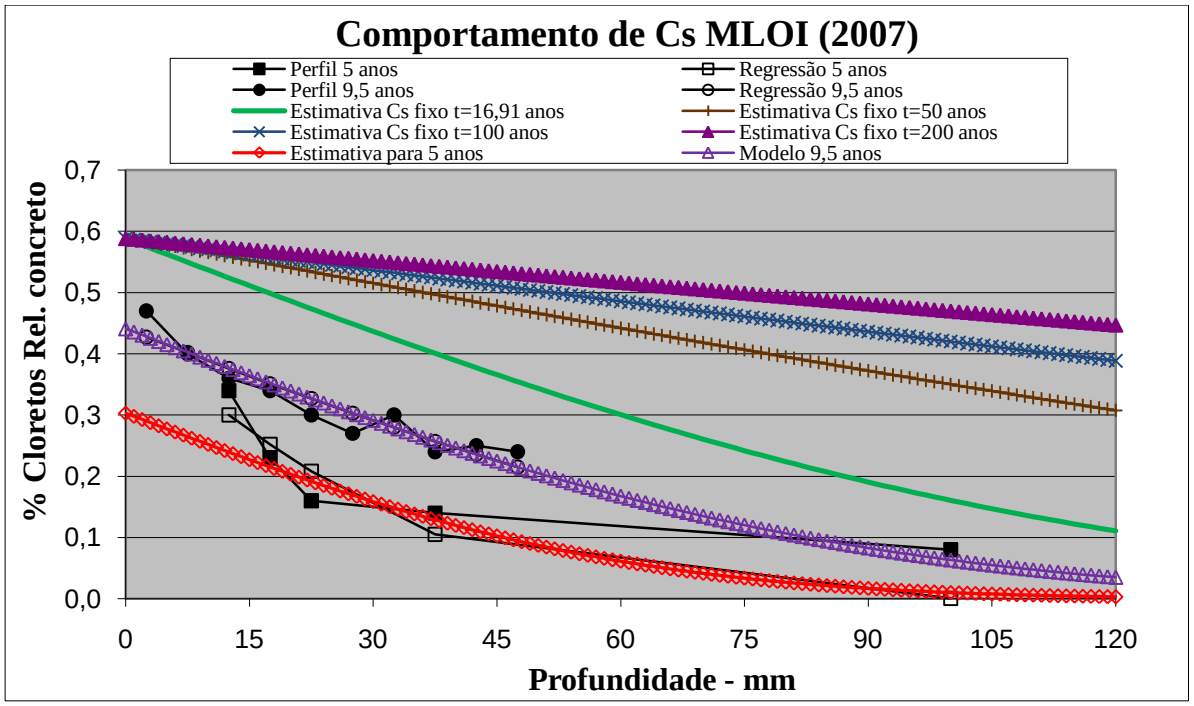


Figura 3.26 – Comportamento dos perfis de cloreto para o ponto MLOI utilizando perfil medido aos 9,5 anos – perfis estimados para 5 anos, 9,5 anos, tempo de troca, 50 anos, 100 anos e 200 anos.

Ao calcular keq para o micro-ambiente MLOI encontrou-se um valor de 0,162 $\%.ano^{-1/2}$.

Considerando o perfil medido aos 5 anos e keq o novo valor de D foi de 290,99 mm^2/ano. Ainda considerando keq e o perfil medido aos 5 anos, o tempo necessário para que Cs atinja a estabilização de 0,588% em relação a massa do concreto foi t_{troca} = 13,17 anos, sendo que a partir desse valor obteve-se t_{eq} = 8,13 anos. Na Figura 3.27 é representado o perfil estimado para 9,5 anos utilizando estes dados.

Utilizando o perfil medido aos 9,5 anos e considerando keq o novo valor de D encontrado foi de 311,01 mm^2/ano.

Ainda considerando keq aos 9,5 anos, o tempo necessário para a estabilização de Cs de 0,588% em relação a massa do concreto foi de t_{troca} = 13,17 anos, sendo que a partir desse valor se obteve t_{eq} = 8,13 anos.

Na Figura 3.28 é representada a curva estimada para a idade de 5 anos utilizando o modelo de 9,5 anos.

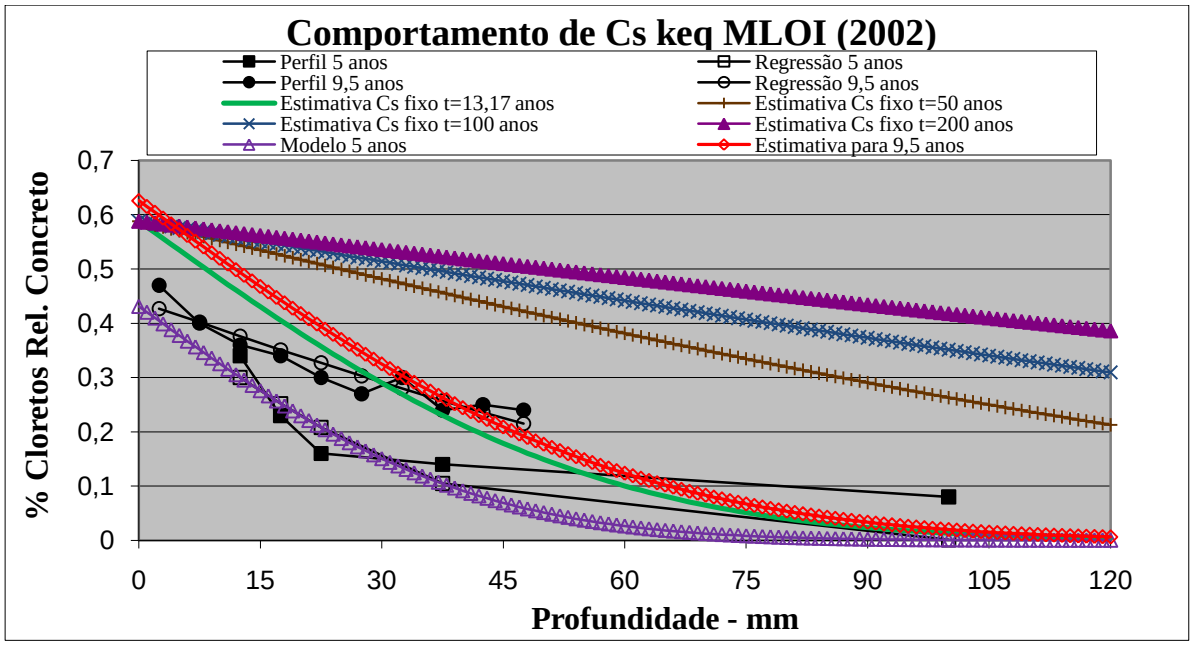


Figura 3.27 – Comportamento dos perfis de cloreto para o ponto MLOI utilizando perfil medido aos 5 anos e keq – perfis estimados para 5 anos, 9,5 anos, tempo de troca, 50 anos, 100 anos e 200 anos.

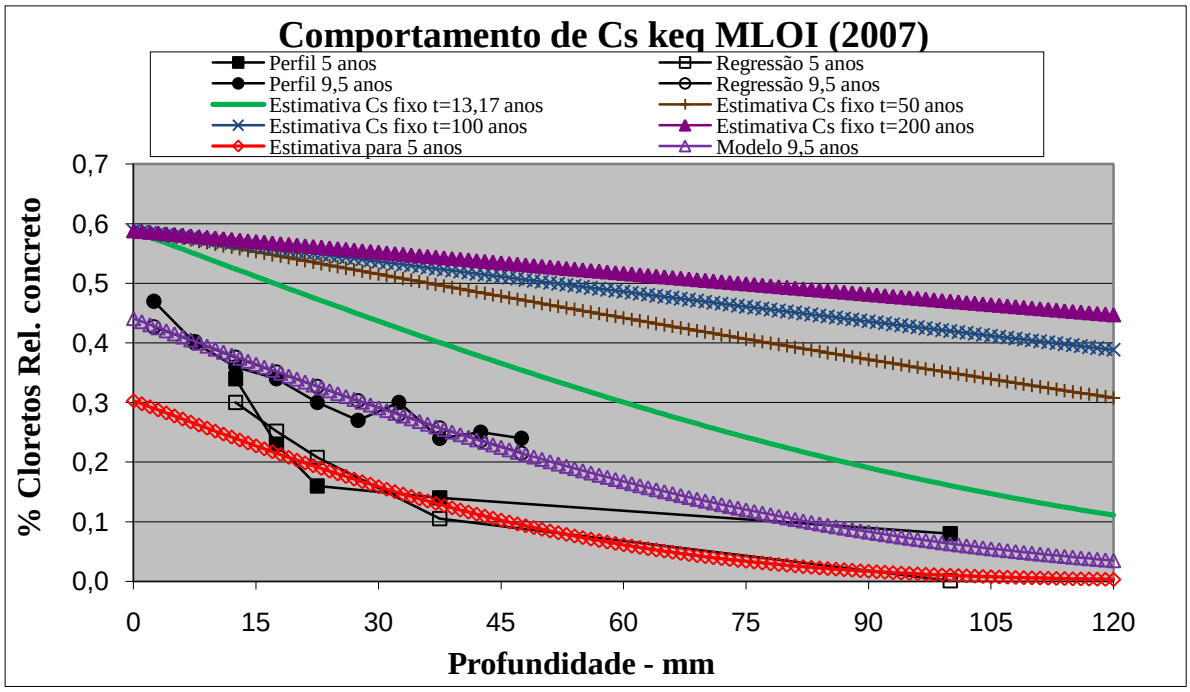


Figura 3.28 – Comportamento dos perfis de cloreto para o ponto MLOI utilizando perfil medido aos 9,5 anos e keq – perfis estimados para 5 anos, 9,5 anos, tempo de troca, 50 anos, 100 anos e 200 anos.

Na tabela 3.12 são descritos de forma resumida os parâmetros obtidos para o micro-ambiente MLOI.

Tabela 3.12 - Resultados obtidos da análise do micro-ambiente MLOI.

Micro-ambiente MLOI						
Idade	**Cs(Relação Concreto).**	**k %.ano$^{-1/2}$**	**D (mm^2/ano)**	**teq(anos)**	**ttroca(anos)**	**keq**
5 anos	0,43 %	0,203	185,14	5,18	8,39	-
9,5 anos	0,44 %	0,143	399,14	10,44	16,91	-
$keq_{5\ anos}$	0,43 %	0,162	290,99	8,13	13,17	0,162
$keq_{9,5\ anos}$	0,44 %	0,162	311,008	8,13	13,17	0,162

Observa-se a partir da tabela 3.12 que o teor de cloreto na superfície do concreto, apresentou um pequeno aumento, ou seja, de 0,43 para 0,44% em relação à massa do concreto, respectivamente, nas idades de 5 anos e 9,5 anos.

Entretanto, o valor de k se modificou bastante entre as idades de 5 e 9,5 anos, ou seja, de 0,203 %.ano$^{-1/2}$ para 0,143 %.ano$^{-1/2}$, respectivamente. Com isso, o coeficiente de difusão aumentou de 185,14 para 399,14 mm^2/ano.

Por outro lado, ao considerar o valor de keq = 0,162, para o micro-ambiente MLOI, os coeficientes de difusão a partir desse parâmetro não apresentaram grandes modificações no tempo, ou seja, de 290,99 mm^2/ano aos 5 anos para 311,008 mm^2/ano aos 9,5 anos.

- <u>Comentários dos resultados obtidos através das figuras 3.23 e 3.25</u>: A partir das medições do teor de cloretos no concreto aos 5 anos foi realizada a regressão dos pontos representada por regressão aos 5 anos. O perfil regressão aos 5 anos se apresentou similar ao perfil medido, porém na profundidade de 100 mm houve certa diferença de comportamento entre esses perfis (Figura 3.23).

Por outro lado, na idade de 9,5 anos, a curva de regressão demonstrou-se na média dos pontos do perfil medido na idade de 9,5 anos (Figura 3.25).

- Comentários dos resultados obtidos através da figura 3.24: Considerando o modelo obtido com perfil medido aos 5 anos estimou-se o perfil aos 9,5 anos, o qual demonstrou comportamento e inclinação diferente em relação ao perfil medido aos 9,5 anos.

Os perfis de cloreto para MLOI a partir de Cs fixo, obtidos através do perfil medido aos 5 anos, foram denominados de Estimativa de Cs fixo para t=8,39 anos, t=50, t=100 e t=200 anos. Nesses perfis observou-se que os teores de cloreto foram aproximadamente de 0,004 %; 0,213 %; 0,309 % e 0,386 % em relação à massa do concreto, sendo os tempos equivalentes (teq) de 5,18 anos; 46,79 anos; 96,79 anos e 196,79 anos, respectivamente.

- Comentários dos resultados obtidos através da figura 3.26: Para o modelo obtido com o perfil medido aos 9,5 anos, foi possível estimar o comportamento do teor de cloretos aos 5 anos. Esse perfil se apresentou próximo do perfil medido aos 5 anos, sendo que houve certa diferença de comportamento a partir dos 37,5 mm de profundidade.

Os perfis de cloreto para MLOI a partir de Cs fixo, obtidos através do perfil medido aos 9,5 anos, denominados de estimativa de Cs fixo para t=16,91 anos, t=50, t=100 e t=200 anos apresentaram teores de cloreto aproximadamente de 0,111%; 0,306 %; 0,388 e 0,447 % em relação à massa do concreto, sendo os tempos equivalentes de 10,44 anos; 43,53 anos; 93,53 anos e 193,53 anos, respectivamente.

- Comentários dos resultados obtidos através da figura 3.27: Considerando o modelo obtido com perfil medido aos 5 anos e keq, estimou-se o perfil aos 9,5 anos, o qual apresentou comportamento e inclinação diferente em relação ao perfil medido aos 9,5 anos.

Considerando keq, na idade de 5 anos, os perfis de cloreto a partir de Cs fixo foram denominados de estimativa de Cs fixo para t=13,17 anos, t=50, t=100 e t=200 anos. Já, os tempos equivalentes para a penetração de íons cloreto foram de 8,13 anos; 44,96 anos; 94,96 anos e 194,96 anos, respectivamente. Nesses perfis observa-se que os teores de cloreto foram aproximadamente de 0,048 %; 0,269%; 0,359 %; 0,424 % em relação à massa do concreto, respectivamente.

- Comentários dos resultados obtidos através da figura 3.28: Considerando o modelo obtido através do perfil medido aos 9,5 anos e keq, foi possível estimar o perfil aos 5 anos, sendo que esse perfil se apresentou próximo do perfil medido aos 5 anos, porém com certa diferença de comportamento a partir dos 37,5 mm de profundidade.

Sendo keq, na idade de 9,5 anos, os perfis de cloreto a partir de Cs considerado fixo foram denominados de estimativa de Cs fixo para t=13,17 anos, t=50, t=100 e t=200 anos, sendo os tempos equivalentes a penetração de íons cloreto de 8,13 anos; 44,96 anos; 94,96 anos e 194,96 anos, respectivamente. Observa-se através desses perfis que os teores de cloreto foram aproximadamente de 0,054 %; 0,278%; 0,365 %; 0,429 % em relação à massa do concreto, respectivamente.

- Considerando os resultados obtidos através da figura 3.27 e 3.28: É importante salientar que embora os tempos equivalentes, a partir de Cs considerado fixo de 0,588 %, nas idades de 5 anos e 9,5 anos, ambos para keq, fossem iguais, os percentuais de cloreto apresentaram certa diferença ao longo da profundidade do concreto. Isso é explicável, pois os coeficientes de difusão para ambas as idades foram diferentes, ou seja, aos 5 anos o coeficiente de difusão foi de 290,99 mm^2/ano, enquanto que aos 9,5 anos foi de 311, 01 mm^2/ano.

Deve-se salientar que ao estimar o perfil de 9,5 anos, considerando k da idade (Figura 3.24) e considerando keq (Figura 3.27), ambos os perfis se apresentaram diferentes da curva medida aos 9,5 anos. Porém, na estimativa do perfil de 5 anos, a partir do modelo de 9,5 anos, tanto para k da idade quanto para keq, ambos os perfis demonstraram similaridade ao perfil medido aos 5 anos, respectivamente, nas Figuras 3.26 e 3.28.

3.6 ESTIMATIVA DO GRAU DE SATURAÇÃO DOS TETRÁPODES PESQUISADOS

Para estimar a média anual do grau de saturação dos tetrápodes tornou-se importante realizar uma comparação do GS estimado para os tetrápodes e os valores estimados para o TECON, caso este concreto tivesse sido executado com cimento ARI-RS.

Nos estudos realizados por Guimarães (2005) e por Rodrigues (2009), os valores de GS foram correlacionados para concretos posicionados na vertical expostos ao sul, norte, leste e oeste (Rodrigues, 2009).

Como os tetrápodes possuem superfície lateral em relação à superfície de concretagem, serão utilizados os testemunhos HL de Rodrigues (2009) como base de comparação. Estes apresentaram no rack um valor médio anual de GS igual a aproximadamente 48%.

De acordo com a estimativa de Rodrigues (2009), o GS do concreto exposto junto ao TECON, em ambiente de névoa salina, sofreu um aumento de aproximadamente 24% em relação aos testemunhos expostos junto ao rack, situado a 1200 metros de distância da água do mar. Na estimativa de GS se utilizou como parâmetro de comparação os traços de concreto H1, H4 e H5 de Rodrigues (2009) os quais apresentaram traço bastante semelhante ao traço do concreto dos tetrápodes.

Para tal comparação foram utilizados os valores de coeficiente de difusão dos micro-ambientes dos tetrápodes na idade de 9,5 anos. Isto porque os coeficientes de difusão da idade de 9,5 anos foram mais consistentes, ou seja, as estimativas para outras idades foram melhores, tanto usando k ou keq com os perfis medidos aos 9,5 anos.

Na tabela 3.13 são apresentados os coeficientes de difusão dos tetrápodes para o modelo obtido com o perfil medido aos 9,5 anos e com keq, os quais foram transformados da unidade de mm^2/ano para m^2/s. Foi realizada uma comparação destes coeficientes de difusão estimados para os tetrápodes com os coeficientes de difusão e GS estimados por Rodrigues (2009).

A estimativa de GS foi realizada a partir da Figura 3.29 a qual relaciona grau de saturação com o coeficiente de difusão para concretos com diferentes consistências e relação a/c = 0,55. Na tabela 3.14 são apresentados os resultados da referida comparação onde se obteve uma faixa de valores para GS, considerando os traços H1, H4 e H5 de Rodrigues (2009).

Tabela 3.13 – Coeficientes de Difusão estimados aos 9,5 anos para os 4 Micro-ambiente estudados para k e keq.

Micro-ambiente	**D – $k_{9,5\ anos}$ (mm^2/ano)**	**D – $k_{9,5anos}$ ($10^{-12}m^2$/s)**	**D – k_{eq} (mm^2/ano)**	**D – k_{eq} ($10^{-12}m^2$/s)**
MLLS	129,01	4,09	147,35	4,67
MLLM	451,80	14,32	503,11	15,95
MLOM	189,26	6,00	296,42	9,40
MLOI	399,14	12,6	311,01	9,86

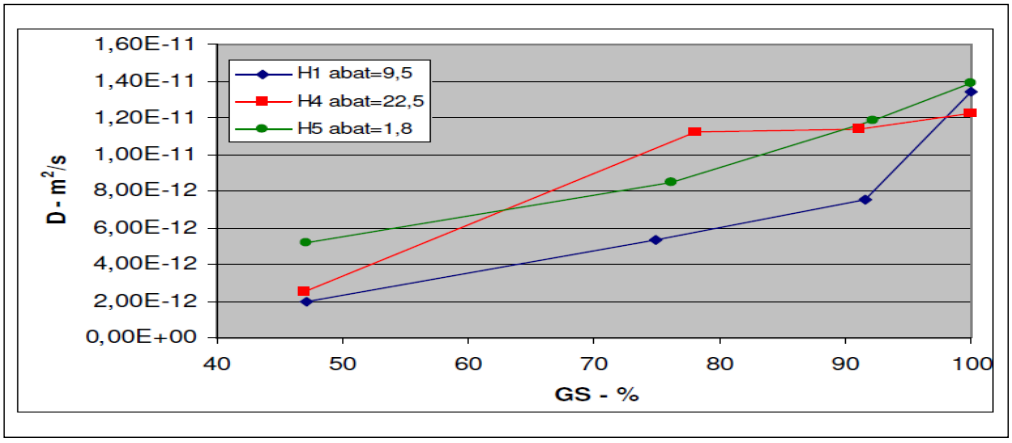


Figura 3.29 – Relação entre Coeficiente de difusão e GS para concretos com relação a/c = 0,55 e diferentes consistências (Rodrigues, 2009).

Tabela 3.14 – GS's estimados para os 4 micro-ambientes estudados dos tetrápodes.

Micro-ambiente	**Faixa GS's para $k_{9,5\ anos}$:**	**Faixa GS's para k_{eq}:**
MLLS	52,73% (H4) e 64,48% (H1)	54,76% (H4) e 69,20%(H1)
MLLM	GS de 100 % (H5)	GS de 100 % (H5)
MLOM	59,5% (H4) e 79,86% (H1)	71,64%(H4) e % 94,31%(H1)
MLOI	95,14% (H5) e 98,86% (H1)	82,65% (H5) e 94,97% (H1)

Rodrigues (2009) variou a orientação geográfica da face exposta dos testemunhos o que é semelhante ao que ocorre nos tetrápodes, pois esses micro-ambientes apresentam-se em posições geográficas diferenciadas no que se refere à ação de intempéries. Na Figura 3.30, pode-se analisar os testemunhos 19 e 20 (voltados para leste) dos quais, estudados por Rodrigues (2009), foram os que apresentaram maiores valores de GS se comparados com as outras posições geográficas, não sendo superior apenas aos testemunhos 21 e 22 (voltados para cima).

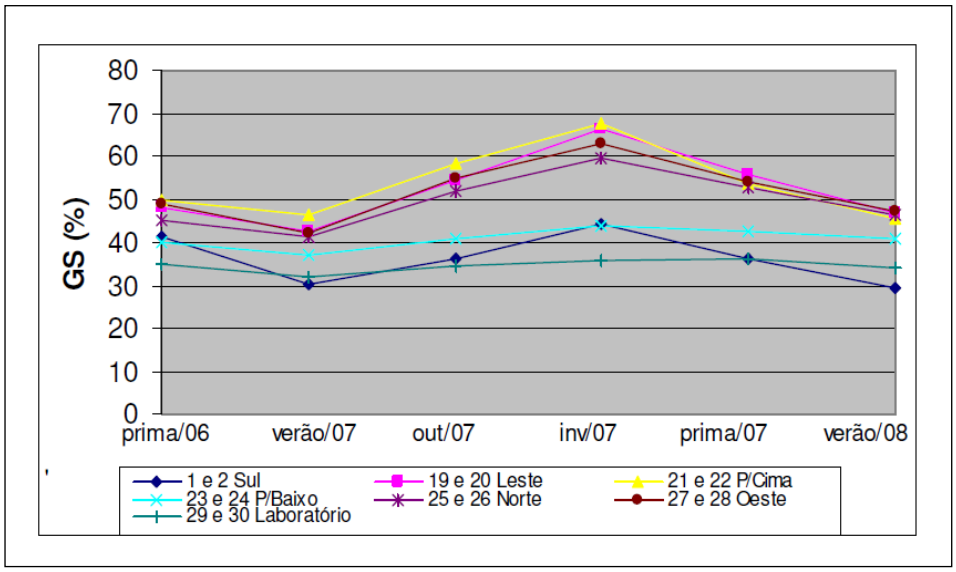


Figura 3.30 – Variação do GS médio por estação do ano – traço 1 – testemunhos com superfícies expostas em diferentes micro-ambientes (testemunhos VC) (Rodrigues, 2009).

Esse comportamento dos testemunhos 19 e 20 são semelhantes ao micro-ambiente MLLM, o qual se encontra voltado para leste e apresentou maior faixa de valores de GS se comparado com o lado oeste (MLOM) quando se considerou k da idade de 9,5 anos.

Deve-se salientar que o valor de 59% estimado por Rodrigues (2009) foi muito próximo aos menores valores estimados para GS dos tetrápodes, ou seja, para MLLS e MLOM para k da idade de 9,5 anos.

Esses menores valores estimados para GS são explicáveis devido à localização desses micro-ambientes, pois o micro-clima MLOM situa-se em um ponto mais baixo e mais protegido dos ventos e das correntes predominantes, portanto, mais protegido da ocorrência de respingo. Assim como o micro-ambiente MLLS, o qual embora esteja exposto ao sentido dos ventos e correntes predominantes (nordeste), encontra-se em um ponto mais elevado e de grande insolação.

Por outro lado, o micro-ambiente MLLM foi o que apresentou maior faixa de valores de GS, o que é coerente, pois é justamente o que está exposto aos ventos e correntes predominantes, além de ser o ponto mais baixo (Figura 3.1), ou seja, mais próximo da umidade proporcionado pela a água do mar.

O ponto MLOI está situado no interior do molhe leste e, portanto era de se esperar uma menor faixa de valores de GS. Entretanto, observa-se no local da pesquisa, que a água do mar, quando encontra a barreira de pedras e tetrápodes, penetra nesta barreira, podendo atingir o ponto MLOI, principalmente no inverno quando as correntes e ventos são mais fortes, tornando esse micro-ambiente mais úmido. Além disso, quando o vento no sentido nordeste é forte pode tornar as ondas mais agitadas nesse sentido, as quais ao se deparar com o lado oeste do molhe podem ocasionar respingo no ponto MLOI, de maneira a manter o referido micro-clima em constante umidade nesse período (Figura 3.1). Outro fator que pode contribuir para uma elevada faixa de valores de GS no ponto MLOI seria a menor insolação nesse local, visto que a parede do lado leste, onde se encontra este ponto, é mais alta que a parede do lado oeste, e o ponto MLOI encontra-se com sua face exposta para oeste.

Por outro lado, o GS para MLLM continuou sendo o mais elevado entre os micro-ambientes estudados mesmo para keq (tabela 3.14), o que pode ser facilmente explicado pelas razões citadas anteriormente a respeito da posição geográfica deste ponto no molhe.

Já, o micro-ambiente MLOM apresentou valores mais elevados de GS, ou seja, entre 71,64% (H4) e 94,31 % (H1), ficando estes valores mais próximos a faixa de valores de MLOI (tabela 3.14). No entanto, ao considerar os traços (H4) e (H5) para MLOM a faixa de valores de GS ficou, respectivamente, em torno de 71,64 e 80,47%, (Figura 3.29), isto é, mais semelhantes aos GS's estimados a partir de k da idade de 9,5 anos (tabela 3.14).

Deve-se salientar que na estimativa de GS a partir da comparação com os resultados de Rodrigues (2009) e keq a faixa de valores de GS para o micro-ambiente MLOI apresentaram uma pequena redução em relação as estimativas a partir de k da idade de 9,5 anos (tabela 3.14). De acordo com as estimativas de GS a partir de k da idade de 9,5 anos é possível se observar que a faixa de valores de GS manteve-se maior para os micro-ambientes com os maiores valores de coeficiente de difusão, ou seja, para os micro-climas MLLM e MLOI. Por outro lado, os menores GS's foram para os micro-climas MLLS e MLOM onde os coeficientes de difusão foram os menores estimados, conforme as tabelas 3.13 e 3.14.

Porém, na estimativa a partir de keq as faixas dos valores de GS continuaram sendo maiores para os micro-ambientes MLLM e MLOI (Figura 3.29). De modo geral, se obteve bons resultados nas estimativas de GS a partir da comparação com os resultados de Rodrigues (2009), tanto no uso do k da idade de 9,5 anos quanto para keq, considerando os 4 micro-ambientes estudados.

3.6.1 ENSAIO DE GS_{dia} DAS AMOSTRAS DE CONCRETO DOS TETRÁPODES PESQUISADOS

Com o objetivo de avaliar o comportamento do grau de saturação dos tetrápodes foi realizado ensaio para obter o grau de saturação do dia (GS_{dia}) para os 4 micro-ambientes estudados, a fim de compará-los com os resultados de GS estimados a partir da comparação com o estudo de Rodrigues (2009) para concreto elaborado com cimento semelhante aos tetrápodes (ARI-RS).

Apesar de ser apenas uma estimativa, pode-se ter uma noção do GS nestas estruturas, devido à extração das amostras terem sido realizadas no inverno, época em que o concreto atinge os maiores valores de grau de saturação.

As amostras foram colhidas no dia 08/09/2010, através do uso de talhadeira e martelo (Foto 3.16). Deve-se salientar que as amostras retiradas não apresentaram a mesma pesagem, devido a certa dificuldade no uso da talhadeira quando se tentou obter amostras lascando-se (Foto 3.17) o concreto o que dificultou a retirada de amostras de mesmo tamanho. Deve-se salientar que na retirada das amostras (ao lascar o concreto) se tentou aproveitar os furos já existentes quando da retirada das amostras de pó realizados na idade de 5 anos e 9,5 anos utilizados para o traçado dos perfis de cloreto. O ideal seria a retirada de 2 amostras de 1/ 2 kg, no mínimo, de cada micro-ambiente estudado, totalizando 8 amostras de concreto.

Foto 3.16 – Retirada das amostras para o ensaio de GS do dia (micro-ambiente MLLS).

Foto 3.17 – Retirada das amostras de concreto junto aos furos onde foram coletadas as amostras nas idades de 5 e 9,5 anos (micro-ambiente MLLS).

No entanto, devido a dificuldade no momento da extração foi possível obter amostras de apenas 4 tetrápodes, sendo 2 amostras retiradas do micro-ambiente MLOI e 7 dos outros micro-ambientes, das quais 2 amostras do ponto MLLS, 3 amostras de MLLM e 2 amostras de MLOM (amostras retiradas de apenas um tetrápode por micro-ambiente).

No total, foram extraídas 9 amostras para a realização do ensaio de GS_{dia}. As amostras coletadas foram denominadas de MLLS(1), MLLS(2), MLOM(1), MLOM(2), MLOI(1), MLOI(2), MLLM(1), MLLM(2) e MLLM(3).

Nas Fotos 3.18 e 3.19 são apresentados cada tetrápode representativo dos micro-ambientes MLOI e MLLM , respectivamente, de onde foram extraídas as amostras para o ensaio de GS_{dia}.

Foto 3.18 – Retirada das amostras de concreto junto aos furos onde foram coletadas as amostras das idades de 5 e 9,5 anos (micro-ambiente MLOI).

Após a coleta, as amostras foram colocadas em bolsas plásticas e enviadas ao laboratório o mais rápido possível afim de obter o peso da amostra no dia ($Peso_{dia}$) (Foto 3.20). Logo após as amostras foram colocadas para saturar até a constância de massa de 0,1 % em 24 horas (Fotos 3.21 e 3.22). Após a saturação, as amostras foram levadas a estufa para a secagem considerando nesta a constância de massa de 0,1 % em 24 horas.

Foto 3.19 – Retirada das amostras de concreto junto aos furos onde foram coletadas as amostras das idades de 5 e 9,5 anos (micro-ambiente MLLM).

Foto 3.20 – Pesagem das amostras no dia da extração

Foto 3.21 – Saturação das amostras.

Foto 3.22 – Saturação das amostras

A saturação das amostras foi atingida em 14/09/2010, de onde se obteve o peso saturado ($Peso_{Sat}$). Na secagem, as amostras foram armazenadas a uma temperatura 105 ± 5^0 C até o dia 22/09/2010. Após a secagem as amostras foram pesadas para a obtenção do peso seco ($Peso_{Seco}$).

Tabela 3.15 – Peso das amostras de concreto retiradas dos tetrápodes e absorções máxima e do dia representativas dos 4 micro-ambientes pesquisados.

AMOSTRAS	PESOdia (g) 08/09/2010	$PESO_{Sat}$ (g) 14/09/2010	PESOseco (g) 22 /09/2010	Absmáx	Absdia
MLLS(1)	843,98	861,2	817	5,41	3,30
MLLS(2)	116,84	119,29	113,53	5,08	2,92
MLOM(1)	226,34	232,28	218,07	6,52	3,79
MLOM(2)	272,02	276,47	258,87	6,80	5,08
MLOI(1)	587,04	597,44	559,55	6,77	4,91
MLOI(2)	258,16	261,93	244,41	7,17	5,63
MLLM(1)	283,91	287,86	268,75	7,11	5,64
MLLM(2)	149,8	152,36	144,37	5,54	3,76
MLLM(3)	121,2	122,26	116,7	4,77	3,86

Na tabela 3.15 são apresentados os pesos do dia, saturado e seco, e as absorções máximas e do dia das amostras de concreto para os tetrápodes pesquisados. A partir dos pesos das amostras (tabela 3.15) pôde-se calcular os valores de $Abs_{máx}$ (eq. 2.15) e Abs_{dia} (eq.2.16) das amostras de concreto.

Com os resultados de Abs_{dia} e $Abs_{Máx}$ foram realizados os cálculos de GS do dia (GS_{dia}) das amostras de concreto dos tetrápodes (eq. 2.17) (tabela 3.16), conforme (ANEXO H).

Tabela 3.16 – Resultados de GS_{dia} para as amostras de concreto extraídas dos tetrápodes pesquisados.

AMOSTRAS	Gs_{dia}(%)
MLLS(1)	61,04
MLLS(2)	57,50
MLOM(1)	58,23
MLOM(2)	74,70
MLOI(1)	72,55
MLOI(2)	78,50
MLLM(1)	79,33
MLLM(2)	67,98
MLLM(3)	80,89

Pode-se observar através da tabela 3.16 que os resultados de GS obtidos do ensaio de GS_{dia}, apresentaram a mesma disposição de resultados que os obtidos a partir da comparação com Rodrigues (2009). Tanto para o ensaio de GSdia como para a comparação com Rodrigues, (2009), as menores faixa de valores de GS foram para MLLS e MLOM. Por outro lado, as maiores faixas valores de GS foram para MLOI e MLLM.

Considerando o micro-clima MLLS, o GS do dia (GS_{dia}) tem um valor entre 57,5 e 61,04 % (tabela 3.16). Por outro lado, através da comparação com o estudo de Rodrigues (2009) esta faixa de valores se manteve entre 52,73 e 64,48 % (tabela 3.14), considerando o k da idade de 9,5 anos e de 54,76 e 69,20 % para keq (tabela 3.14). Observa-se que ambas as faixas de valores de GS para MLLS se apresentaram similares.

Esses resultados para GS foram satisfatórios e coerentes com os estudos realizados nesse sentido (Guimarães e Helene, 2001; Rodrigues, 2009 e Souza, 2005) onde se observou uma grande influência do GS sobre a difusão de íons cloreto no concreto e a sua correlação com a forma de exposição ao meio agressivo.

3.7 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Para melhor compreender os micro-ambientes MLLS, MLLM, MLOM e MLOI representativos do ambiente nos molhes da Barra, na tabela 3.17 são apresentados os resultados de todos os parâmetros estimados para estes pontos, em ambas as idades estudadas.

Tabela 3.17 – Parâmetros estimados para os 4 micro-ambientes estudados.

Micro-ambientes	**k5 anos**	**k9,5 anos**	**Cs5 anos (%)**	**Cs9,5anos (%)**	**D5 anos (mm^2/ano)**	**D9,5 anos (mm^2/ano)**	**$D_{5\ anos}$ keq (mm^2/ano)**	**$D_{9,5\ anos}$ keq (mm^2/ano)**
MLLS	0,113	0,140	0,24	0,43	179,23	129,05	133,36	147,35
MLLM	0,160	0,191	0,34	0,59	593,15	451,80	465,11	503,11
MLOM	0,108	0,149	0,23	0,46	470,04	189,26	296,42	227,17
MLOI	0,203	0,143	0,43	0,44	185,14	399,14	290,99	311,01

Pode-se observar através da tabela 3.17 para os micro-ambientes MLLS, MLLM e MLOM que o teor de cloreto na superfície do concreto (Cs) aumentou da idade de 5 anos para a idade de 9,5 anos. Além de Cs aumentar, k também aumentou (parâmetro que depende da variação de Cs).

Por outro lado, o coeficiente de difusão diminuiu da idade de 5 anos para os 9,5 anos, sendo que em alguns casos chegou a ser aos 9,5 anos, a metade do valor da idade de 5 anos.

Conforme o exposto se pode dizer que os micro-ambientes MLLS, MLLM e MLOM levando em conta as idades estudadas apresentaram o seguinte comportamento com o tempo:

- $D_5 \square D_{9,5}$
- $Cs_5 \square Cs_{9,5}$
- $k_5 \square k_{9,5}$

Já, MLOI apresentou um comportamento na frente de ataque de cloretos contrário do que MLLS, MLLM e MLOM, ou seja, o coeficiente de difusão aumentou com a idade, porém Cs foi praticamente o mesmo. Com isso, o parâmetro k reduziu dos 5 anos para os 9,5 anos:

- $D_5 \square D_{9,5}$
- $k_5 \square k_{9,5}$
- Sendo que Cs_5 apresentou, aproximadamente, o mesmo valor que $Cs_{9,5}$.

Considerando o micro-ambiente MLLS, MLLM e MLOI e o uso de keq, o coeficiente de difusão aumentou com a idade do concreto, diferentemente do que ocorrera para o ponto MLOM.

Aos 5 anos os maiores teores de cloreto na superfície do concreto (Cs) foram para os pontos MLLM e MLOI, ou seja, de 0,34 % e 0,43 %, respectivamente, em relação à massa do concreto. Na idade de 9,5 anos os maiores valores de Cs encontrados foram para os micro-ambientes MLOM e MLLM, ou seja, de 0,46 % e 0,59 %, respectivamente, em relação à massa do concreto. Entre as idades estudadas o maior valor de Cs foi na idade de 9,5 anos, ou seja, para MLLM de 0,59 % em relação à massa do concreto, considerando os quatro micro-climas pesquisados.

De maneira geral, o teor de cloreto na superfície do concreto – Cs – aumentou com o passar do tempo, sendo que nos modelos apresentados, considerou-se a estabilização de Cs em aproximadamente 0,588% a em relação à massa de concreto. Por outro lado, os perfis de 9,5 anos demonstraram melhor definição, pois os perfis de 5 anos ainda apresentavam picos ou oscilações os quais desapareceram aos 9,5 anos.

Talvez possa ser este o motivo de alguns micro-ambientes terem apresentado diferenças consideráveis entre os perfis estimados para 9,5 anos (quando se utilizou o modelo baseado nos perfis medidos aos 5 anos) e os perfis medidos aos 9,5 anos.

Vale salientar para MLLS, MLLM e MLOM que o teor de cloretos máximo na superfície do concreto demonstrou a partir dos valores estimados um aumento com o tempo. Esse aumento é explicável, pois nas idades iniciais o teor de cloreto na superfície do concreto, ainda pode estar variando até ser atingido o valor máximo fixo, valor esse considerado aproximadamente 0,59% em relação a massa do concreto.

Ao analisar MLOI e seu perfil aos 5 anos (Figura 3.23), observa-se um alto teor de cloreto ao longo da profundidade do concreto se comparado com os outros 3 micro-ambientes. Por este motivo, ao ser realizada a regressão, se obteve um Cs de 0,43 % em relação à massa do concreto, ou seja, o mais elevado entre os micro-ambientes estudados na idade de 5 anos.

Nota-se que na idade em que o valor de Cs é maior, a profundidade de ataque de cloretos no concreto, também é maior, o que é coerente com os modelos de previsão de vida útil (Guimarães et al. 2007).

Na idade de 5 anos os maiores coeficientes de difusão encontrados foram de 593,15 mm^2/ano para MLLM e de 470,04 mm^2/ano para MLOM. Por outro lado, na idade de 9,5 anos os maiores coeficientes de difusão foram de 451,80 mm^2/ano para MLLM e de 399,14 para MLOI.

Portanto, considerando ambas as idades estudadas, o maior valor para o coeficiente de difusão foi na idade de 5 anos para o micro-clima MLLM, ou seja, de 593,15 mm^2/ano.

O perfil que obteve uma melhor definição aos 5 anos foi micro-ambiente MLLS, pois não apresentou pico ou oscilação nesta idade e demonstrou comportamento nos perfis de cloreto de 5 anos e 9, 5 anos muito próximos, assim como o micro-ambiente MLLM que apresentou um pequeno pico aos 5 anos.

O ponto MLOM apresentou uma oscilação no perfil de 5 anos e o MLOI apresentou um grande pico em uma profundidade considerável.

Considerando o modelo obtido com o perfil medido aos 9,5 anos, para os micro-ambientes MLLS, MLLM e MLOM se podem observar, respectivamente, nas Figuras 3.8, 3.14 e 3.20 as curvas de estimativa para 5 anos, as quais demonstraram comportamento bem semelhante aos perfis medidos de cloretos aos 5 anos.

Para o micro-ambiente MLLS, utilizando o perfil medido na idade de 5 anos, através de regressão e da utilização das equações de Fick foi possível se obter o perfil de estimativa para 9,5 anos, o qual apresentou bons resultados se comparado com o comportamento da curva medida aos 9,5 anos, porém, houve certa diferença de comportamento nas profundidades iniciais, ou seja, em 2,5 e 7,5 mm (Figura 3.6).

Ainda levando em conta o micro-ambiente MLLS, o perfil medido de 9,5 anos e $k_{9,5anos}$, deve-se salientar que o perfil estimado aos 5 anos demonstrou estar próximo do perfil medido de cloretos aos 5 anos (Figura 3.8). O mesmo foi obtido com o uso do keq, porém, o comportamento da curva estimada aos 5 anos manteve-se mais próxima do perfil medido aos 5 anos do que quando se considerou o $k_{9,5\ anos}$ (Figura 3.10).

Não só para o micro-ambiente MLLS se obteve estes resultados, mas também para MLLM e MLOM (Figuras 3.14 e 3.20).

Por outro lado, ainda considerando MLLM e MLOM o perfil estimado aos 5 anos manteve seus pontos e inclinação semelhante ao perfil medido aos 5 anos (Figuras 3.14 e 3.20), assim como as estimativas de 9,5 e 5 anos a partir de keq, considerando as idades de 5 e 9,5 anos, respectivamente nas Figuras 3.15, 3.16, 3.21 e 3.22.

Em geral, se obteve um melhor comportamento do modelo quando se utilizou keq do que quando se considerou o k da idade, quando com o modelo obtido com perfil medido em uma idade se estimou o perfil na outra idade, considerando os perfis obtidos nesta pesquisa.

Deve-se salientar que entre 5 anos e 9,5 anos, ao utilizar o k da idade, se obteve um melhor comportamento, quando se estimou a curva aos 5 anos obtida a partir do perfil medido aos 9,5 anos.

É importante comentar para os micro-ambientes estudados que os perfis que formaram pico ou oscilaram na idade de 5 anos, aos 9,5 anos apresentaram perfis clássicos, sem pico ou oscilação.

Observou-se através do ensaio de GS_{dia} que o grau de saturação para MLOI foi confirmado como o segundo maior, sendo inferior apenas a MLLM.

Considerando o micro-clima MLLS, o GS_{dia} apresentou uma faixa de valores (tabela 3.16) semelhante aos GS estimado a partir da comparação de Rodrigues (2009) tanto para k da idade quanto para keq (tabela 3.14).

É importante comentar que embora os resultados para os pontos MLLM e MLOI tenham sido inferiores no ensaio de GS_{dia} ocorreu a mesma disposição de resultados daqueles estimados a partir da comparação com Rodrigues (2009), ou seja, em ambos, os maiores GS's foram para MLLM e MLOI sendo inferiores a estes os pontos MLLS e MLOM.

Nota-se tanto nos resultados de GS_{dia} quanto na estimativa de GS do estudo de Rodrigues (2009) para k e keq, que os resultados de GS para MLOI continuaram elevados em relação aos outros micro-ambientes (MLLS e MLOM), sendo inferior apenas a MLLM.

Deve-se salientar que o concreto dos tetrápodes não são iguais ao concreto dos CP's pesquisados por Rodrigues (2009), mas apenas semelhantes. Outro fator a considerar é que a cura dos tetrápodes foram de uma semana com asperção de água, enquanto a dos corpos de prova foram de 30 dias, sendo que estes não estavam sujeitos a intempérie como os tetrápodes. Este fato pode ter provocado uma camada mais externa de menor qualidade nos tetrápodes em relação aos corpos de prova de Rodrigues (2009) que foram ensaiados a penetração de cloretos. Sendo assim, é de se esperar que o concreto dos tetrápodes tenha um menor GS para um mesmo ambiente, conforme observado por Guimarães e Helene (2007).

O estudo sobre a vida útil do concreto armado é algo de grande importância sobre a durabilidade de estruturas. Portanto, neste trabalho optou-se por utilizar os resultados de coeficiente de difusão dos tetrápodes pesquisados, a fim de prever o comportamento dessas estruturas para 50 anos de exposição, e que ao invés de concreto massa, fossem inseridas barras de aço nesses elementos.

A despassivação do aço é algo em torno de 0,4 % em relação à massa do cimento, sendo que para um concreto como o dos tetrápodes, este valor deve ser de aproximadamente 0,07 % em relação à massa do concreto.

A fim de prever a vida útil do concreto dos tetrápodes em 50 anos de exposição, se utilizou os valores de coeficiente de difusão estimados aos 9,5 anos, para k e keq, em cada micro-clima e, a partir do valor fixo de Cs de 0,588 % se obteve os perfis de cloreto (ANEXO G).

Portanto, em um estudo sobre a durabilidade em relação à penetração de íons cloreto devem ser levados em conta, os resultados da frente de ataque por cloretos considerando a idade de 9,5 anos. Isso por que, o coeficiente de difusão apresentou tendência a diminuir com a idade do concreto, supondo-se que os coeficientes de difusão na idade de 9,5 anos para k e keq, já estejam mais próximos da realidade dos tetrápodes.

Vale salientar que estes dados foram adquiridos a partir de resultados dos teores de cloreto no concreto onde se supõe que ao invés de concreto massa fossem inseridas barras de aço nos tetrápodes.

Considerando o micro-ambiente MLLS e o modelo obtido com o perfil medido na idade de 9,5 anos e k da idade de 9,5 anos, até 165 mm de profundidade as barras de aço já poderão sofrer despassivação (Figura 3.31). Por outro lado, para os micro-ambientes MLLM, MLOM e MLOI ocorrerão a despassivação de barras de aço localizadas até as profundidades de 319 mm, 199 e 290 mm, respectivamente (ANEXO G) (Figura 3.31).

Sendo, o micro-ambiente MLLS e o modelo obtido com o perfil medido na idade de 9,5 anos e keq, até 174 mm de profundidade as barras de aço já poderão sofrer despassivação (Figura 3.32). Já, para os micro-ambientes MLLM, MLOM e MLOI ocorrerão a despassivação de barras de aço localizadas até as profundidades de 335 mm, 217 e 261 mm, respectivamente (ANEXO G) (Figura 3.32).

Observa-se que para o modelo obtido com perfil medido na idade de 9,5 anos as maiores profundidades no teor de cloreto foram para MLLM e MLOI, tanto para k como para keq (Figuras 3.31 e 3.32).

Levando em conta, o modelo obtido com o perfil de 9,5 anos e k da idade de 9,5 anos, para MLLS é estimado um teor de cloreto de 0,435 % em relação à massa do concreto, em 50 anos de exposição, para uma profundidade de análise de 35 mm (Figura 3.31). Deve-se salientar que a profundidade de 35 mm é o cobrimento necessário a não despassivação do aço para a zona de névoa (NBR 6118/2003). Considera-se a idade de 50 anos, pois este é o tempo mínimo de vida útil de uma obra.

O ponto MLLS é o mais alto e deve estar em zona de névoa, e o concreto dos tetrápodes é similar ao que solicita a NBR 6118/ 2003 para este micro-ambiente (resistência média de 32MPa e relação a/c de 0,5).

A partir do modelo obtido com o perfil de 9,5 anos e keq, para MLLS é estimado um teor de cloreto de 0,443 %, em 50 anos de exposição, considerando uma profundidade de 35 mm (Figura 3.32).

Levando em conta, o modelo obtido com o perfil de 9,5 anos e k da idade de 9,5 anos é estimado um teor de cloreto para o micro-ambiente MLLM de 0, 508 % em relação à massa do concreto, considerando 50 anos de exposição e uma profundidade de análise de 45 mm (Figura 3.31).

Já, ao considerar o modelo obtido com o perfil de 9,5 anos e keq (MLLM) o teor de cloreto estimado é de 0, 512 % em 50 anos de exposição e uma profundidade de 45 mm no concreto (Figura 3.32). Esta profundidade de análise para MLLM é o cobrimento exigível a não despassivação do aço para zona de respingo (NBR 6118/2003). O micro-ambiente MLLM encontra-se em um ponto mais baixo em relação à MLLS e, portanto, mais próximo da água agressiva, o que o caracteriza como zona de respingo.

A partir do modelo obtido com o perfil de 9,5 anos e k da idade de 9,5 anos é estimado para MLOI um teor de cloreto de 0, 500 % em relação à massa do concreto, para 50 anos de exposição e uma profundidade de análise de 45 mm (Figura 3.31). Por outro lado, ao considerar o modelo obtido com o perfil de 9,5 anos e keq o teor de cloreto estimado foi de 0, 491 % para o mesmo tempo de exposição e profundidade de análise no concreto (Figura 3.32).

Deve-se salientar que ao considerar o modelo obtido com o perfil de 9,5 anos, tanto para k da idade quanto para keq, a despassivação do aço será atingida, mesmo se atendidas às exigências de resistência a compressão, relação a/c e cobrimento prescritos pela NBR 6118/ 2003 (ANEXO G) (Figuras 3.31 e 3.32).

De acordo com os resultados obtidos para a previsão de vida útil do concreto em 50 anos, considerando que fosse concreto armado, os resultados da Figuras 3.31 e 3.32 seriam coerentes com a realidade dos tetrápodes estudados, pois na idade de 9,5 anos, as maiores profundidades até onde podem ocorrer despassivação do aço foram para MLLM e MLOI. Isto é explicável, pois o ponto MLLM está localizado no lado leste do molhe e voltado para os ventos e correntes predominantes (vento nordeste). Por outro lado, MLOI seria explicado pelos mesmos motivos nos quais GS e coeficiente de difusão, comentados anteriormente, foram depois de MLLM os mais elevados. Isso se confirma também pelos resultados de GS obtidos para MLOI a partir do ensaio de $GS_{dia.}$

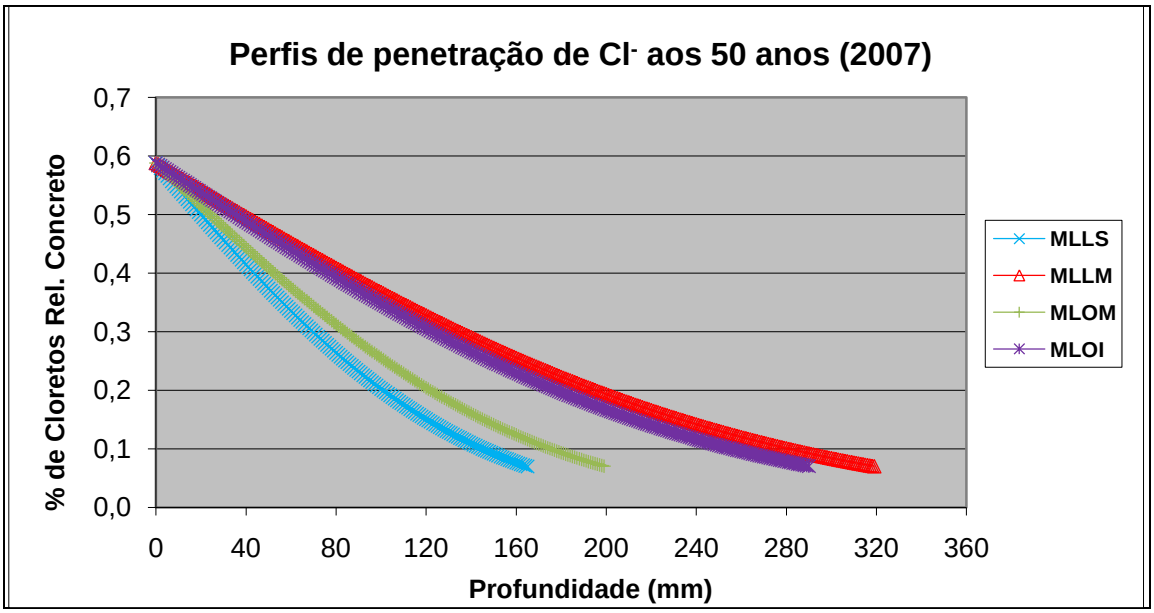


Figura 3.31 – Perfil de penetração dos íons de Cl^- no concreto dos tetrápodes em 50 anos de exposição para os micro-ambientes MLLS, MLLM, MLOM e MLOI considerando idade de análise de 9,5 anos e k da idade de 9,5 anos.

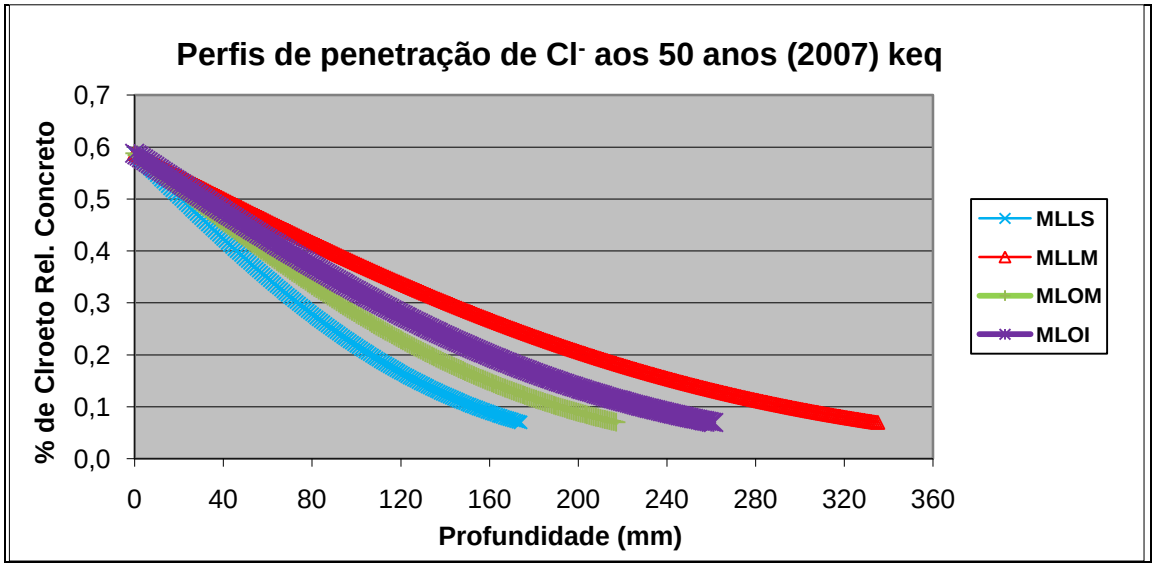


Figura 3.32 – Perfil de penetração dos íons de Cl^- no concreto dos tetrápodes em 50 anos de exposição para os micro-ambientes MLLS, MLLM, MLOM e MLOI considerando idade de análise de 9,5 anos e keq.

4. CONCLUSÕES E SUGESTÕES A CONTINUIDADE DAS PESQUISAS

4.1 CONCLUSÕES

Ao final deste trabalho foi possível observar que os perfis que tinham pico ou oscilação no teor de cloreto, na idade de 5 anos, não apresentaram estas características aos 9,5 anos, ou seja, nesta idade apresentaram perfis sem formar pico.

Deve-se salientar, em relação à durabilidade, que perfis de aproximadamente 5 anos ainda são de pouca idade para se usar como estimativa de vida útil residual de uma estrutura. Já, perfis com aproximadamente 10 anos podem ser utilizados, mas deve-se prever que estes ainda podem ter seus valores de Cs aumentando.

Antes da obtenção dos resultados aos 9,5 anos, existiam dúvidas quanto à possível contaminação do concreto dos tetrápodes devido aos elevados percentuais de cloreto obtidos aos 5 anos, mas após o traçado dos perfis, aos 9,5 anos, ficou evidente que os elevados percentuais são resultado do ambiente muito agressivo do local.

O modelo utilizado nessa pesquisa para a previsão do comportamento de cloreto apresentou resultados satisfatórios, porém para maiores profundidades houve certa acumulação de erros na utilização da equação, apresentada por Crank (1975), que prevê o perfil em idade futuras considerando a variação de Cs, o que fez com que os teores de cloreto estimados aumentassem, ao invés de reduzir com a profundidade do concreto. Por outro lado, com a regressão se obteve bons resultados. Estes perfis de previsão demonstraram estar próximos aos perfis reais de cloreto dos tetrápodes, seja pela inclinação semelhante das curvas ou pela proximidade dos pontos, ou ambos. Em geral os perfis estimados estiveram aproximadamente de acordo com o verdadeiro comportamento tanto na idade de 5 anos, quanto aos 9,5 anos.

Entretanto, há de salientar que os resultados estimados para o micro-ambiente MLOI necessitaram de especial atenção devido a certa diferença obtida entre os perfis medidos de cloreto e os perfis estimados. Em geral, pode-se dizer que os perfis estimados a partir de um keq estiveram mais próximos dos perfis de medição de cloreto do concreto dos tetrápodes.

O teor de cloretos na superfície do concreto – Cs – aumentou com o passar do tempo até atingir o valor de estabilidade de Cs. Os perfis de 9,5 anos demonstraram estar mais bem definidos, pois os perfis de 5 anos ainda apresentaram picos ou oscilações que desapareceram na idade de 9,5 anos. Talvez, este deva ser o motivo pelo qual aos 9,5 anos estes valores terem se apresentado algumas vezes diferentes quando estimado o perfil aos 5 anos com o modelo obtido com o perfil medido aos 9,5 anos.

O perfil que apresentou uma melhor definição aos 5 anos foi o micro-ambiente MLLS que não apresentou pico ou oscilação nessa idade e demonstrou comportamento nos perfis de cloretos de 5 anos e 9,5 anos muito próximos, assim como o micro-ambiente MLLM que apresentou um pequeno pico aos 5 anos.

Já o micro-ambiente MLOM apresentou uma oscilação no perfil de 5 anos e o ponto MLOI apresentou um grande pico em uma profundidade considerável.

Os resultados obtidos nesta pesquisa são importantes, pois na necessidade de realizar uma obra de concreto armado em ambiente semelhante aos tetrápodes, esses dados poderiam servir de referência. Poder-se-ia ter noção do cobrimento do concreto a ser utilizado, considerando que o elemento a ser elaborado fosse semelhante aos tetrápodes (tipo de cimento, relação a/c...), tudo isso para um determinado tempo de exposição. Também mostra a necessidade de se considerar a variação de Cs principalmente quando se analisa perfis obtidos em idades inferiores a 20 anos, já que em alguns ambientes há uma estimativa de Cs variar até idade próxima a esta idade. Em idades superiores o erro em não considerar a variação de Cs diminui, pois em parte do tempo de ataque por cloretos se estima que Cs já está estabilizado.

Os valores de Cs estimados por regressão foram satisfatórios, pois demonstraram estar de acordo com a realidade, ou seja, esse parâmetro aumentou com a idade do concreto sendo que para MLLM, possivelmente já se tenha atingido o máximo teor fixo de 0,59% em relação à massa do concreto, o que é comum em obras com mais de 20 anos (Guimarães, 2000; Pereira, 2003, Guimarães et al. 2007).

É compreensível que o ponto MLLM já tenha atingido o teor máximo fixo de Cs, principalmente por estar localizado de forma mais favorável a penetração de íons cloretos (ambiente úmido e sujeito a maior agitação do mar – vento).

Os GS's estimados foram satisfatórios tanto no uso de k da idade de 9,5 anos quanto para keq, pois as diferenças desses valores puderam ser explicadas pela localização dos micro-ambientes, ou seja, os maiores Gs's foram para MLLM e MLOI os quais possivelmente devam sofrer maior ataque com a agitação do mar devido à ação do vento.

O menor valor de GS, em relação aos outros micro-ambientes, foi para MLLS, o qual também é coerente com os resultados de Rodrigues (2009), onde o menor GS encontrado pelo autor foi para testemunho exposto nas mesmas condições que MLLS.

O ensaio realizado para obter o grau de saturação do dia (GS_{dia}) das amostras de concreto representativas dos micro-ambientes estudados confirmou o elevado GS do micro-ambiente MLOI, superior a MLLS e MLOM, sendo inferior apenas ao ponto MLLM.

Deve-se considerar que o resultado obtido a partir do ensaio de Gs_{dia} para MLLS demonstrou ser coerente com os GS estimado a partir do estudo de Rodrigues (2009), tanto para k quanto para keq.

Os GS's obtidos da comparação com a pesquisa de Rodrigues (2009) apresentaram estimativa acima do valor medido. Isto pode ter ocorrido, provavelmente, por que o concreto utilizado nos tetrápodes e o utilizado por Rodrigues (2009) não são iguais, e apenas similares, e que os tetrápodes estão em ambiente natural, em uso, e a cura dos tetrápodes foram de 7 dias com asperção e os concretos de Rodrigues (2009) por 30 dias submersos. Estes fatores podem provocar diferenças, pois o concreto dos tetrápodes foram curados com menos tempo que os concretos utilizados no laboratório por Rodrigues (2009), além da exposição à intempérie e as ações do mar que podem provocar micro fissuras nas camadas mais externas dos tetrápodes. Desta forma, as camadas externas dos tetrápodes podem apresentar uma rede de poros mais interligada que os concretos de Rodrigues (2009). Portanto é de se esperar que os concretos dos tetrápodes apresentem menor GS, principalmente quando próximos da saturação, conforme Guimarães e Helene (2007). A maior interligação entre os poros também provoca um aumento na penetração de íons cloreto, com maior influência para os graus de saturação elevados, como dos micro-ambiente MLLM e MLOI. Portanto, mesmo com menores GS estes pontos podem apresentar coeficientes de difusão tão elevados quanto os concretos de Rodrigues (2009) próximos da saturação.

Nota-se que o cimento de alta resistência inicial resistente a sulfato utilizado no concreto dos tetrápodes, apesar de ser capaz de apresentar grande resistência já nas primeiras idades, não seria recomendável para concreto armado exposto em ambiente marítimo, pois considerando este ambiente, resultaria em despassivação precoce do aço, isto é claro, se não fossem tomadas as respectivas precauções com a utilização de uma camada de cobrimento adequada e sua melhoria com adições em quantidades apropriadas, como cinza de casca de arroz, pozolana, micro-silica ou outros. Para esse caso, de acordo com a espessura de cobrimento deveriam também ser avaliados os aspectos econômicos, e dependendo dos resultados deveria existir uma possível mudança no tipo de cimento a ser utilizado na elaboração do concreto.

Embora, tenha-se considerado as exigências da NBR 6118/ 2003 quanto à resistência a compressão e relação a/c do concreto, na elaboração dos tetrápodes, os quais são executados em concreto massa, as referidas recomendações não seriam suficientes para garantir a não despassivação do aço, considerando o cobrimento mínimo exigível para cada zona de agressividade (névoa ou respingo), caso este concreto fosse armado.

Portanto, deveriam ser mantidas as recomendações da NBR 6118/2000 sobre o tipo de cimento CPIII (alto forno) e CPIV (pozolânico) ou o uso de aditivos a base de pozolanas ou cinza de casca de arroz, pois conforme os resultados obtidos nessa pesquisa e por Rodrigues (2009) e Guimarães (2000) o cimento ARI não é recomendável para obras marítimas.

4.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

De acordo com os procedimentos apresentados nesse trabalho a fim de prever o comportamento do concreto ao longo do tempo, outras pesquisas podem ser realizadas nesse sentido, a fim de complementar os resultados aqui apresentados.

Através das curvas de comportamento do concreto expostos nessa pesquisa, outros estudos podem ser realizados com concretos do mesmo tipo que os tetrápodes, porém modificando-se o ambiente de exposição. Nesses estudos poder-se-ia prever qual a vida útil do concreto e a espessura de cobrimento necessária a ser utilizada em uma estrutura de concreto armado.

Seria de interesse realizar ao longo do tempo novos monitoramentos no ambiente dos tetrápodes com o objetivo de avaliar os resultados encontrados em maiores idades com os previsto nessa pesquisa e o comportamento do grau de saturação no concreto com o tempo. Ainda poderiam ser realizados trabalhos que levassem em consideração a análise de variáveis meteorológicas, tais como umidade relativa e ação de ventos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. Code Interpretation of Building Code Requerements for Reiforced Concrete - ACI Committee 318/318R. In: **ACI Manual of Concrete Practice.** Detroid, 1996.

2. ANDRADE, C.; CASTELO, V.; ALONSO, C.; GONZÁLEZ, J.A. **The Determination of the Corrosion Rate of Steel Embedded in Concrete by the Polarization Resistence and AC Impedance Methods.** ASTM STP 906, ed. V. Chaker, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, 1986.

3. ANDRADE, M. C.; **Manual para Diagnóstico de Obras Deterioradas por Corrosão de Armaduras.** Tradução e Adaptação Antônio Carmona e Paulo Helene. São Paulo, Pini, 1992.

4. ANDRADE, C.; IZQUIERDO, D.; TANNER, P. EUROCÓDIGO 2. **Proposta de Texto Apresentada por Carmen Andrade,** Correspondência Pessoal, julho 1999.

5. ANDRADE, M. C.; SAGRERA, J. L.; SANJUAN, M. A.; **Several Years Study On Chloride Ion Penetration Into Concrete Exposed To Atlantic Ocean Water.** Second International Rilem Workshop on Testing and Modeling the Chloride Ingress Into Concrete. Paris, RILEM, 2000.

6. ANDRADE, J.J.O. **Durabilidade das Estruturas de Concreto Armado: Análise das Manifestações Patológicas nas Estruturas no Estado de Pernambuco.** Tese Apresentada para a Obtenção do Título de Mestre em Engenharia à Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1997.

7. ANDRADE, J.J.O. **Contribuição à Previsão da Vida Útil das Estruturas de Concreto Armado Atacadas pela Corrosão de Armaduras: Iniciação por Cloretos.** Porto Alegre, 2001. 256 p. Tese apresentada a Escola de Engenharia do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

8. ANG, A.; TANG, W. **Probability Concepts in Engineering Planning and Design: Decision, Risk and Reliability.** v. 2, 1ª Ed., Ed. John Wiley and Sons, 1984. 562p.

9. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS**. Argamassas e concreto endurecidos-Determinação da absorção de água por imersão-Índice de vazios e massa específica.** NBR 9778 - 1987.

10. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS**. Projeto de Estruturas de Concreto –** Procedimento**.** NBR 6118 – 2003.

11. BAKKER, R.F.M. Initiation priod. In: **Corrosion of Steel in Concrete – Report of The Technical Committee 60-csc-Rilem**. Editor Peter Schiessl, Ed. Chapman & Hall, 1988, p. 22- 55.

12. BICZÓK, I. **Corrosion y Proteccion del Hormigon.** Trad. Emilio J. Dócon Asensi. Bilbao, Ediciones Urmo, 1972.

13. BARBOSA, P.; HELENE, P.R.L.; PEREIRA, P.; GRULLON M.; MEDEIROS, M.. **Influência dos Ciclos Molhamento e Secagem da Altura e do Posicionamento de Pilares no Teor de Íons Cloreto Presentes no Concreto com 30 Anos de Idade.** Seminário e Workshop em Engenharia Oceânica – SEMENGO. Rio Grande, Furg, 2004.

14. BAPTISTA, J. R. **Flutuações Diárias e Horárias dos Elementos Dissolvidos, Material em Suspensão e Características Físicas da Água na Parte Sul do Estuário da Lagoa dos Patos e Praia do Cassino.** Dissertação (Mestrado), em Oceanografia Biológica, Universidade do Rio Grande, RS. 1984. 100p.

15. BERMÚDEZ, M. A. **Corrosión de las Armaduras del Hormigón Armado em Ambiente Marino: Zona de Carrera de Mareas e Zona Submergida.** Madrid, 2007. Tese (Doutorado), Universidad Politécnica de Madrir – Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

16. BRITISH STANDARDS INSTITUTION – **Structural Use of Concrete –** Part 1. Code of Practice for Design and construction - BS 8110, 1997.

17. BRETANHA, S. S. F. **Variação do Grau de Saturação do Concreto em Ambiente Marítimo.** Rio Grande, 2004. Dissertação (Mestrado), Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Engenharia Oceânica.

18. CALLIARI, L. **Aspectos Sedimentológicos e Ambientais da Região Sul da Lagoa dos Patos.** Dissertação (Mestrado), UFRGS, 1980. 190p.

19. CAMERON, W. M.; PRITCHARD, D. W. Estuaries, In: **The Sea. Ideas and observations on progress in the Study of the sears.** ed. M. N. Hill, Interscience Publishers, N. Y., P. 306-324, 1963.

20. CÁNOVAS, M. F. **Patologia e Terapia do Concreto Armado**. Trad. e adapt. de M. Celeste Marcondes et alii, Coordenação Técnica de L.A. Falcão Bauer. São Paulo, Pini, 1988.

21. CASCUDO, O**.** Inspeção de Estruturas de Concreto com Vistas ao Controle da Corrosão das Armaduras – Técnicas e Parâmetros. In: **Reunião do IBRACON – REIBRAC: Manutenção e Controle de Estruturas de Concreto, 36ª.** Porto Alegre, 1994. Anais. 5^0 ed.

22. CASCUDO, O. O **Controle da Corrosão de armaduras em Concreto, Inspeção e Técnicas Eletroquímicas.** São Paulo: Pini; Goiânia: Editora UFG, 1997. 237 p. ISBN 85-7266-080-1 (Pini) – ISBN 85-7274-096-1 (Editora UFG).

23. CASTAGNO JR, R.; GUIMARÃES, A. T. C.; HELENE, P.R.L. **Penetração de Cloretos em Estruturas com secagem e Molhagem em Zona de Névoa.** Seminário e Workshop em Engenharia Oceânica – SEMENGO. Rio Grande, Furg, 2004.

24. CASTRO, P. **¿Como Actúan los Cloruros en Nuestras Estructuras el Caso del Norte de Yucatán, México.** Centro de Investigación y Estudios del IPN. Unidade Mérida, Yucatán, México. Ciclo de Conferencias – El Hormigon su Durabilidad - Ministerio de la Construccion. 2 al 6 de octudre del 2000.

25. CASTRO, P.; DE RINCON, O. T.; PAZINI, E. J.**. Interpretation of chloride profiles from concrete exposed to tropical marine environments**. Cement and Concrete Research, v.31, p. 529-37, 2001.

26. CRANK, J. **The Mathematics of Diffusion**, second ed., Oxford Univ. Press,Oxford, UK, 1975.

27. CIENTEC-RS. **Relatórios de ensaios realizados durante a execução dos tetrápodes**. Porto Alegre, 1997.

28. CLIMENT, M. A.; VERA, G.; LÓPEZ, J. F.; VIQUEIRA, E.; ANDRADE, C. **A Test Method for Measuring Chloride Diffusion Coefficients Through Nonsaturated Concrete** – Part I: The Instantaneous Plane Source Diffusion Case. Cement and concrete Research, v 32, 2002, p. 1113-1123.

29. DAL MOLIN, C. C. D. **Fissuras em Estruturas de Concreto Armado: Análise das Manifestações Típicas e Levantamento de Casos Ocorridos no Estado do Rio Grande do Sul.** POA, 1988. 220 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Escola de Engenharia, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

30. FIGUEIREDO, E. P.; HELENE, P.R.L. **Assim Caminha a Corrosão.** Téchne, v. 10, P. 28-33, maio/junho. São Paulo, Pini, 1994.

31. FIGUEIREDO, E.P.. **Efeitos da Carbonatação e de Cloretos no Concreto.** CONCRETO; Vol. 2. Goiás, IBRACON, 2005.

32. FURG–FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE DO RIO GRANDE, CENTRO DE PESQUISAS E ORIENTAÇÃO INDUSTRIAL**. Relatórios de Ensaios Realizados Durante a execução dos Tetrápodes.** Rio Grande, 1997 a 1998.

33. GENTIL, V. Corrosão em Concreto. In: **11º Simpósio de Aplicação da Tecnologia do Concreto.** Campinas, 1988. Anais. Campinas, 1988. p.1-21.

34. GARCIA, E.J.P.; BORGES, P. C.; O'REILLY V. A.; SEIGLÍE, I.; FERNANDEZ I. **Influencia de la Dirección del Viento en los Perfiles de Cloruro Obtenidos em Estructuras Cercanas al Mar Caribe.** Caso del viaducto Turiguanó-Cayo Coco em Cuba. Mater contrucc. Vol. 55, n^0 277, 2005.

35. GIAMMUSSO, S. E. **Manual do Concreto.** São Paulo, Pini, 1992.

36. GRUPO ESPAÑOL DEL HORMIGÓN. : **"Encuesta Sobre Patologia de Estructuras de Hormigón". GEHO**, (Boletín, 10). Madrid, 1992.

37. GUIMARÃES, A. T. C.; BANDEIRA, F.; GUIMARÃES, D.; PENNA, L. **Durabilidade de Tetrápode de Concreto Contaminado com Íons Cloreto:** estudo de caso. 45º Congresso Brasileiro do Concreto, Espírito Santo, 2003. Anais.

38. GUIMARÃES, A.T.C. **Desempenho do Concreto em Ambiente Marítimo na Região do Extremo Sul do Brasil.** Rio Grande, 1997. 151 p. Dissertação de Mestrado em Engenharia Oceânica – FURG – Fundação Universidade Federal do Rio Grande.

39. GUIMARÃES, A.T.C.; TULA, L.; HELENE, P.R.L. **Performance of Surface Concrete Elements.** In: II International Conference on High-Performance Concrete, And Performance And Quality of Concrete Structures, Gramado, 1999.

40. GUIMARÃES, A. T. C.; HELENE, P. R. L**. Influência do Teor de Umidade sobre a Difusividade de Cloretos na Pasta de Cimento.** Relatório FAPESP processo 99/10909-7. São Paulo, 2001.

41. GUIMARÃES, A.T.C**. Vida útil de estruturas de concreto armado em ambientes marítimos.** São Paulo, 2000. 241 p. Tese Apresentada para a Obtenção do Título de Doutor em Engenharia Civil à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Construção Civil, PCC/USP – Universidade de São Paulo.

42. GUIMARÃES, A.T.C. e HELENE, P.R.L**. Modelo para Previsão de Vida Útil Residual Utilizando Perfil de Cloreto com Pico. Teoria e Prática na Engenharia Civil**, n.5, p.11-21, Agosto, 2004.

43. GUIMARÃES, A. T. C. **Grau de Saturação: Sua Variação com o Tipo de Concreto e sua Influência na Difusão e Íons Cloreto.** São Paulo, 2005. Monografia Apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para conclusão de Pós-Doutorado em Engenharia Civil.

44. GUIMARÃES, André T.C., CASTRO, P. e NUNES, Jorge L.O. **Teor de Cloretos Próximos a Superfície do Concreto em Ambientes Marítimos.** In: 49º Congresso Brasileiro do Concreto, 2007, Bento Gonçalves. 49º Congresso Brasileiro do Concreto. São Paulo : IBRACON, 2007. v. 1.

45. GUIMARÃES, A.T.C. e HELENE, P.R.L**. Models of Variation of Chloride Ion Diffusion as a Unction of Change in the Saturation Degree (SD) of Concrete Mixes Prepared. With Pozzolanic Cement.** Integral Service Life Modelling of Concrete Structures – Rilem Workshop TC-Mai, - p. 63-70, 2007.

46. HELENE, Paulo R.L. **Corrosão em Armaduras para Concreto Armado.** PINI / IPT, SÃO PAULO, 1986.

47. HELENE, P.R.L.; TERZIAN, P. **Manual de Dosagem e Controle do Concreto**. São Paulo, Pini, 1992.

48. HELENE, P. R. L. **Contribuição ao Estudo da Corrosão em Armaduras de Concreto Armado.** São Paulo, 1993. Tese (Livre Docência), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia Civil.

49. HELENE, P. R. L. **Contribuição à Normalização: A Resistência sob Carga Mantida e a Idade de Estimativa da Resistência Característica; Durabilidade e Vida Útil das Estruturas de Concreto Armado.** São Paulo, 1994. (Monografias. EPUSP).

50. JASTRZEBSKI, Z.D. **The nature and properties of engineering materials**. Singapore, John Wiley & Sons Inc., 1987.

51. KAZMIERCZAK, C. S. **Contribuição para análise de Películas Aplicadas sobre Estruturas de Concreto Armado com o Objetivo de Proteção contra a Carbonatação**. São Paulo, 1995. Tese (Doutorado), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia Civil.

52. LEA **The Chemistry of Cement and Concrete.** Great Britain, Edward Arnould Ltd, 1970.

53. LIMA, M. G. **Ação do Meio Ambiente sobre as Estruturas de Concreto.** Concreto – Ensino, Pesquisa e Realizações. Editor: Isaia, G. C., IBRACON, 2005 V.1.

54. MAGALHÃES, Catullo P.; FOLLONI, Ricardo; FURMAN, Horácio. **Análise da Patologia das Obras de Arte do Município de São Paulo.** In: Simpósio Nacinal de Reforços, Reparos e Proteção das Estruturas de Concreto, São Paulo, maio, 1989. Anais, São Paulo, EPSUP, 1989. P. 3-17

55. MARTYS, N. S. **Diffusion in Partially-Saturated Porous Materials.** Materials and Structures , v.32, p.555-62, 1999.

56. MEHTA, P. K. **Durability of Concrete – Fifty Years of Progress?** I n: V. M. Malhotra, ed. Proceedings of the Second International Conference on Durability of Concrete. Detroit , ACI, 1991. P.1-31 (SP-126).

57. MEHTA, P. K. & MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: Estrutura, Propriedades e Materiais;** São Paulo, Ed. Pini, 1994.

58. MEIRA, G. R. **Agressividade por Cloretos em Zona de Atmosfera Marinha Frente ao Problema da Corrosão em Estruturas de Concreto Armado.** Florianópolis, 2004. Tese de doutorado em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, programa de pós-graduação em Engenharia Civil.

59. NEPOMUCEMO, A.N.. **Mecanismo de Transporte de Fluidos no Concreto.** CONCRETO; Vol. 2. Goiás, IBRACON, 2005.

60. NEVILLE, A. M. **Propriedades do Concreto.** Trad. Salvador E. Giammusso. São Paulo: Pini, 1982.

61. NEVILLE, A. M. **Chloride Attack of Reiforced Concrete**: in overview. Materials and Structures. v. 28, p. 63-73. London, 1995.

62. NEVILLE, A. M. **Propriedades do Concreto.** Trad. Salvador E. Giammusso. São Paulo: Pini, 1997.

63. NUNES, J. L. O. **Intensidade de Ataque de Cloretos: Considerações sobre a Distância do Concreto em Relação à Água do Mar.** Tese Apresentada para a Obtenção do Título de Mestre em Engenharia Oceânica na Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2006.

64. PAGE, C.L.; SHORT, N. R.; EL TARRAS, A.. **Diffusion of Chloride Ions in Hardenedcement Pastes.** Cement and Concrete Research, v. 11, p. 395-406, USA, Pergamon Press, Lt, Jan..1981.

65. PAGE, C. L.; SHORT, N. R.; HOLDEN, W.R. **The Influence of Different Cements on Chloride-Induced Corrosion of Reiforcing Steel.** Cement and Concrete Research, v.16, p.79-86, USA, Pergamon Press, Lt, 1986.

66. PERAÇA, M. G. T. **Modelos para Estimativa do Grau de Saturação do Concreto Mediante Variáveis Ambientais que Influenciam na sua Variação.** Dissertação Apresentada para a Obtenção do Título de Mestre em Engenharia Oceânica na Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2009.

67. PEREIRA, A. C.. **Métodos Probabilísticos para la Predicción de la Vida Útil de Estructuras de Hormigón: Influencia del Factor Variabilidad Espacial en el Caso de Plataformas Offshore en Brasil**. Madrid, 2003. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales Y Puertos, Ingeniero Civil.

68. RODRIGUES, F.T. **Medição do Grau de Saturação e a Difusão de Íons Cloreto em Concretos Executados com Cimento de Alta Resistência Inicial.** Dissertação Apresentada para a Obtenção do Título de Mestre em Engenharia Oceânica na Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2009.

69. RINCÓN, O. T.; CARRUYO, A. R.; ANDRADE, C.; HELENE, P.; DÍAZ, I. **Manual de Inspeccion, Evaluacion y Diagnostico de Corrosion em Estructuras de Hormigon Armado.** DURAR – Red Tematica XV.B – Durabilidad de la armadura, 1998.

70. RÜSCH, H. **Hormigón Armado y Hormigón Pretensado: Propriedades de los Materiales y Procedimientos de calculo.** Trad. Departamento Técnico C.E.C.S.A. Barcelona, Compañia Editorial Continental, 1975.

71. SOUZA, K.N. **Estudo Experimental e Probabilístico da Vida Útil de Estruturas de Concreto Armado Situadas em Ambiente Marítimo: Influência do Grau de Saturação do Concreto sobre a Difusividade de Cloretos.** Dissertação Apresentada para a Obtenção do Título de Mestre em Engenharia Oceânica na Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2005.

72. TOURNEY, P., Berke, N**.:"Concrete International".** 1993.

73. TUUTTI, K. **Service Life of Structures With Regard to Corrosion of Embedded Steel.** In: Performance of Concrete in Marine Environment, ACI SP-65, 1980.

74. TUUTTI, K**. Corrosion of Steel in Concrete.** Stockholm, Suecis. 1982. 469 p. Tese (Doutorado), Swedish Cement and Concrete Research Institute.

ANEXOS

ANEXO A – Regressão para obter o valor de Cs para os 4 micro-climas em ambas as idades estudadas.

Tabela A.1 – Regressão para obter a melhor correlação de Cs, para $k_{5\ anos}$ e considerando keq (Micro-ambiente MLLS – 5 anos de idade).

					Cs		**Cs**	
					0,23		**0,24**	
Profund.(mm)	**Cx medido**	**x/2.(D.t)^0,5**	**Cx/Cs**	**(D.t)^0,5**	**Cx teórico**	**Q**	**Cx teórico**	**Q**
7,5	0,2	0,164	0,816591588	22,86585366	0,187816065	0,000148448	0,195981981	1,61445E-05
12,5	0,16	0,273333333	0,699088116	22,86585366	0,160790267	6,24521E-07	0,167781148	6,05463E-05
17,5	0,14	0,382666667	0,588388768	22,86585366	0,135329417	2,18143E-05	0,141213304	1,47211E-06
22,5	0,13	0,492	0,48655843	22,86585366	0,111908439	0,000327305	0,116774023	0,000174926
27,5	0,07	0,601333333	0,395095092	22,86585366	0,090871871	0,000435635	0,094822822	0,000616172
32,5	0,08	0,710666667	0,314880549	22,86585366	0,072422526	5,74181E-05	0,075571332	1,96131E-05
37,5	0,06	0,82	0,24618941	22,86585366	0,056623564	1,14003E-05	0,059085458	8,36386E-07
		.	0,97286375			0,001002645	0,97286375	0,000889711
					Cs		**Cs**	
					0,23		**0,24**	
Profund. (mm)	**Cx medido**	**x/2.(D.t)^0,5**	**Cx/Cs**	**(D.t)^0,5**	**Cx teórico**	**Q**	**Cx teórico**	**Q**
7,5	0,2	0,166	0,814395441	22,59036145	0,187310952	0,000161012	0,195454906	2,06579E-05
12,5	0,16	0,276666667	0,695600811	22,59036145	0,159988187	1,39559E-10	0,166944195	4,82218E-05
17,5	0,14	0,387333333	0,583848432	22,59036145	0,134285139	3,26596E-05	0,140123624	1,52828E-08
22,5	0,13	0,498	0,481259445	22,59036145	0,110689672	0,000372889	0,115502267	0,000210184
27,5	0,07	0,608666667	0,389356659	22,59036145	0,089552032	0,000382282	0,093445598	0,000549696
32,5	0,08	0,719333333	0,30901534	22,59036145	0,071073528	7,96819E-05	0,074163682	3,40626E-05
37,5	0,06	0,83	0,240476375	22,59036145	0,055309566	2,20002E-05	0,05771433	5,22429E-06
			0,972946479			0,001050524	0,972946479	0,000868062

					Cs		**Cs**	
					0,23		**0,24**	
Profund. (mm)	**Cx medido**	**x/2.(D.t)^0,5**	**Cx/Cs**	**(D.t)^0,5**	**Cx teórico**	**Q**	**Cx teórico**	**Q**
7,5	0,2	0,168	0,812200753	22,32142857	0,186806173	0,000174077	0,194928181	2,57234E-05
12,5	0,16	0,28	0,692119932	22,32142857	0,159187584	6,60019E-07	0,166108784	3,73172E-05
17,5	0,14	0,392	0,579324481	22,32142857	0,133244631	4,5635E-05	0,139037875	9,25684E-07
22,5	0,13	0,504	0,475992033	22,32142857	0,109478168	0,000421146	0,114238088	0,000248438
27,5	0,07	0,616	0,383669226	22,32142857	0,088243922	0,000332841	0,092080614	0,000487554
32,5	0,08	0,728	0,303222733	22,32142857	0,069741229	0,000105242	0,072773456	5,22229E-05
37,5	0,06	0,84	0,23485744	22,32142857	0,054017211	3,57938E-05	0,056365786	1,32075E-05
			0,973025383			0,001115395	0,973025383	0,000865388

Tabela A.2 – Regressão para obter a melhor correlação de Cs, para $k_{9,5\ anos}$ e considerando keq (Micro-ambiente MLLS – 9,5 anos de idade).

					Cs		**Cs**	
					0,44		**0,43**	
Profund. (mm)	**Cx medido**	**x/2.(D.t)^0,5**	**Cx/Cs**	**(D.t)^0,5**	**Cx teórico**	**Q**	**Cx teórico**	**Q**
2,5	0,45	0,045789474	0,948368199	27,29885057	0,417282008	0,001070467	0,407798326	0,001780981
7,5	0,37	0,137368421	0,845965818	27,29885057	0,37222496	4,95045E-06	0,363765302	3,88715E-05
12,5	0,28	0,228947368	0,746104241	27,29885057	0,328285866	0,002331525	0,320824824	0,001666666
17,5	0,24	0,320526316	0,650338016	27,29885057	0,286148727	0,002129705	0,279645347	0,001571754
22,5	0,22	0,412105263	0,560024678	27,29885057	0,246410858	0,000697533	0,240810612	0,000433082
27,5	0,2	0,503684211	0,476268475	27,29885057	0,209558129	9,13578E-05	0,204795444	2,29963E-05
32,5	0,18	0,595263158	0,399883548	27,29885057	0,175948761	1,64125E-05	0,171949926	6,48037E-05
37,5	0,17	0,686842105	0,331378298	27,29885057	0,145806451	0,000585328	0,142492668	0,000756653
42,5	0,13	0,778421053	0,270960575	27,29885057	0,119222653	0,000116151	0,116513047	0,000181898
47,5	0,12	0,87	0,218560275	27,29885057	0,096166521	0,000568035	0,093980918	0,000676993
			0,96481054			0,007611465	0,96481054	0,007194698

					Cs		**Cs**	
					0,42		**0,43**	
Profund. (mm)	**Cx medido**	**x/2.(D.t)^0,5**	**Cx/Cs**	**(D.t)^0,5**	**Cx teórico**	**Q**	**1,35**	**Q**
2,5	0,45	0,044736842	0,949553536	27,94117647	0,398812485	0,002620162	0,40830802	0,001738221
7,5	0,37	0,134210526	0,849464017	27,94117647	0,356774887	0,000174904	0,365269527	2,23774E-05
12,5	0,28	0,223684211	0,751746545	27,94117647	0,315733549	0,001276887	0,323251014	0,00187065
17,5	0,24	0,313157895	0,657858219	27,94117647	0,276300452	0,001317723	0,282879034	0,001838612
22,5	0,22	0,402631579	0,569079941	27,94117647	0,239013575	0,000361516	0,244704375	0,000610306
27,5	0,2	0,492105263	0,486465194	27,94117647	0,204315381	1,86225E-05	0,209180033	8,4273E-05
32,5	0,18	0,581578947	0,410805566	27,94117647	0,172538338	5,56764E-05	0,176646393	1,12467E-05
37,5	0,17	0,671052632	0,342614651	27,94117647	0,143898154	0,000681306	0,1473243	0,000514187
42,5	0,13	0,760526316	0,282130283	27,94117647	0,118494719	0,000132371	0,121316022	7,54115E-05
47,5	0,12	0,85	0,229332067	27,94117647	0,096319468	0,000560768	0,098612789	0,000457413
			0,964019671			0,007199935	0,964019671	0,007222698
					Cs		**Cs**	
					0,42		**0,43**	
Profund. (mm)	**Cx medido**	**x/2.(D.t)^0,5**	**Cx/Cs**	**(D.t)^0,5**	**Cx teórico**	**Q**	**Cx teórico**	**Q**
2,5	0,45	0,045263158	0,948960854	27,61627907	0,398563558	0,002645708	0,408053167	0,001759537
7,5	0,37	0,135789474	0,847714543	27,61627907	0,356040108	0,000194879	0,364517253	3,00605E-05
12,5	0,28	0,226315789	0,748923713	27,61627907	0,314547959	0,001193561	0,322037196	0,001767126
17,5	0,24	0,316842105	0,654093728	27,61627907	0,274719366	0,001205434	0,281260303	0,001702413
22,5	0,22	0,407368421	0,564543573	27,61627907	0,237108301	0,000292694	0,242753736	0,000517733
27,5	0,2	0,497894737	0,481352139	27,61627907	0,202167898	4,69978E-06	0,20698142	4,87402E-05
32,5	0,18	0,588421053	0,405322571	27,61627907	0,17023548	9,53459E-05	0,174288706	3,26189E-05
37,5	0,17	0,678947368	0,336966361	27,61627907	0,141525872	0,000810776	0,144895535	0,000630234
42,5	0,13	0,769473684	0,276506951	27,61627907	0,116132919	0,000192296	0,118897989	0,000123255
47,5	0,12	0,86	0,223899878	27,61627907	0,094037949	0,000674028	0,096276948	0,000562783
			0,964415161			0,007309422	0,964415161	0,007174499

Tabela A.3 – Regressão para obter a melhor correlação de Cs, para $k_{5\ anos}$ e considerando keq (Micro-ambiente MLLM – 5 anos de idade).

					Cs		**Cs**	
					0,33		**0,34**	
Profund. (mm)	**Cx medido**	**x/2.(D.t)^0,5**	**Cx/Cs**	**(D.t)^0,5**	**Cx teórico**	**Q**	**Cx teórico**	**Q**
7,5	0,31	0,092	0,89648126	40,76086957	0,295838816	0,000200539	0,304803628	2,70023E-05
12,5	0,3	0,153333333	0,8283283	40,76086957	0,273348339	0,000710311	0,281631622	0,000337397
17,5	0,24	0,214666667	0,761444453	40,76086957	0,25127667	0,000127163	0,258891114	0,000356874
32,5	0,17	0,398666667	0,572890386	40,76086957	0,189053827	0,000363048	0,194782731	0,000614184
37,5	0,2	0,46	0,515344611	40,76086957	0,170063721	0,000896181	0,175217168	0,000614189
			0,932707167			0,002297243	0,932707167	0,001949646
					Cs		**Cs**	
					0,33		**0,34**	
Profund. (mm)	**Cx medido**	**x/2.(D.t)^0,5**	**Cx/Cs**	**(D.t)^0,5**	**Cx teórico**	**Q**	**Cx teórico**	**Q**
7,5	0,31	0,094	0,894243936	39,89361702	0,295100499	0,000221995	0,304042938	3,54866E-05
12,5	0,3	0,156666667	0,824656327	39,89361702	0,272136588	0,00077637	0,280383151	0,000384821
17,5	0,24	0,219333333	0,756420904	39,89361702	0,249618898	9,25232E-05	0,257183108	0,000295259
32,5	0,17	0,407333333	0,564577111	39,89361702	0,186310447	0,000266031	0,191956218	0,000482076
37,5	0,2	0,47	0,50625495	39,89361702	0,167064133	0,001084771	0,172126683	0,000776922
			0,932954469			0,00244169	0,932954469	0,001974564
					Cs		**Cs**	
					0,33		**0,34**	
Profund. (mm)	**Cx medido**	**x/2.(D.t)^0,5**	**Cx/Cs**	**(D.t)^0,5**	**Cx teórico**	**Q**	**Cx teórico**	**Q**
7,5	0,31	0,09	0,898719406	41,66666667	0,296577404	0,000180166	0,305564598	1,96728E-05
12,5	0,3	0,15	0,832004029	41,66666667	0,274561329	0,000647126	0,28288137	0,000293048
17,5	0,24	0,21	0,766478077	41,66666667	0,252937765	0,000167386	0,260602546	0,000424465
32,5	0,17	0,39	0,581261302	41,66666667	0,19181623	0,000475948	0,197628843	0,000763353
37,5	0,2	0,45	0,524518281	41,66666667	0,173091033	0,000724093	0,178336215	0,00046932
			0,932463876			0,002194718	0,93246388	0,001969858

Tabela A.4 – Regressão para obter a melhor correlação de Cs, para $k_{9,5\ anos}$ e considerando keq (Micro-ambiente MLLM – 9,5 anos de idade).

					Cs		**Cs**	
					0,58		**0,59**	
Profund. (mm)	**Cx medido**	**x/2.(D.t)^0,5**	**Cx/Cs**	**(D.t)^0,5**	**Cx teórico**	**Q**	**Cx teórico**	**Q**
2,5	0,57	0,024736842	0,972093155	50,53191489	0,56381403	3,82662E-05	0,573534961	1,2496E-05
7,5	0,52	0,074210526	0,916415854	50,53191489	0,531521196	0,000132738	0,540685354	0,000427884
12,5	0,5	0,123684211	0,861145726	50,53191489	0,499464521	2,86738E-07	0,508075978	6,52214E-05
17,5	0,5	0,173157895	0,806547611	50,53191489	0,467797614	0,001036994	0,475863091	0,00058259
22,5	0,46	0,222631579	0,752876611	50,53191489	0,436668434	0,000544362	0,4441972	0,000249728
32,5	0,39	0,321578947	0,649266579	50,53191489	0,376574616	0,000180241	0,383067281	4,80626E-05
37,5	0,35	0,371052632	0,599758619	50,53191489	0,347859999	4,5796E-06	0,353857585	1,4881E-05
42,5	0,32	0,420526316	0,552034649	50,53191489	0,320180097	3,24348E-08	0,325700443	3,24951E-05
47,5	0,3	0,47	0,50625495	50,53191489	0,293627871	4,0604E-05	0,29869042	1,715E-06
			0,990704666			0,001978104	0,990704666	0,001435074
					Cs		**Cs**	
					0,58		**0,59**	
Profund. (mm)	Cx medido	x/2.(D.t)^0,5	Cx/Cs	(D.t)^0,5	Cx teórico	Q	1,35	Q
2,5	0,57	0,023684211	0,973280226	52,77777778	0,564502531	3,02222E-05	0,574235334	1,79381E-05
7,5	0,52	0,071052632	0,919960406	52,77777778	0,533577036	0,000184336	0,54277664	0,000518775
12,5	0,5	0,118421053	0,866998159	52,77777778	0,502858932	8,17349E-06	0,511528914	0,000132916
17,5	0,5	0,165789474	0,814626546	52,77777778	0,472483397	0,000757163	0,480629662	0,00037521
22,5	0,46	0,213157895	0,763070773	52,77777778	0,442581048	0,00030342	0,450211756	9,58097E-05
32,5	0,39	0,307894737	0,663251128	52,77777778	0,384685654	2,82423E-05	0,391318165	1,73756E-06
37,5	0,35	0,355263158	0,615373538	52,77777778	0,356916652	4,78401E-05	0,363070387	0,000170835
42,5	0,32	0,402631579	0,569079941	52,77777778	0,330066366	0,000101332	0,335757165	0,000248288
47,5	0,3	0,45	0,524518281	52,77777778	0,304220603	1,78135E-05	0,309465786	8,96011E-05
			0,990867516			0,001478542	0,990867516	0,001651111

					Cs		**Cs**	
					0,58		**0,59**	
Profund. (mm)	Cx medido	x/2.(D.t)^0,5	Cx/Cs	(D.t)^0,5	Cx teórico	Q	Cx teórico	Q
2,5	0,57	0,024210526	0,972686683	51,63043478	0,564158276	3,41257E-05	0,573885143	1,50943E-05
7,5	0,52	0,072631579	0,918187927	51,63043478	0,532548998	0,000157477	0,541730877	0,000472231
12,5	0,5	0,121052632	0,86407101	51,63043478	0,501161186	1,34835E-06	0,509801896	9,60772E-05
17,5	0,5	0,169473684	0,810584557	51,63043478	0,470139043	0,000891677	0,478244888	0,000473285
22,5	0,46	0,217894737	0,757968431	51,63043478	0,43962169	0,000415276	0,447201374	0,000163805
32,5	0,39	0,314736842	0,656243796	51,63043478	0,380621402	8,79581E-05	0,38718384	7,93076E-06
37,5	0,35	0,363157895	0,607543694	51,63043478	0,352375343	5,64225E-06	0,35845078	7,14157E-05
42,5	0,32	0,411578947	0,560525911	51,63043478	0,325105028	2,60613E-05	0,330710287	0,00011471
47,5	0,3	0,46	0,515344611	51,63043478	0,298899874	1,21028E-06	0,30405332	1,64294E-05
			0,990787651			0,001620776	0,990787651	0,001430978

Tabela A.5 – Regressão para obter a melhor correlação de Cs, para $k_{5\ anos}$ e considerando keq (Micro-ambiente MLOM – 5 anos de idade).

					Cs		**Cs**	
					0,24		**0,23**	
Profund. (mm)	**Cx medido**	**x/2.(D.t)^0,5**	**Cx/Cs**	**(D.t)^0,5**	**Cx teórico**	**Q**	**Cx teórico**	**Q**
2,5	0,22	0,034666667	0,96089852	36,05769231	0,230615645	0,000112692	0,22100666	1,01336E-06
12,5	0,2	0,173333333	0,806355503	36,05769231	0,193525321	4,19215E-05	0,185461766	0,00021136
17,5	0,18	0,242666667	0,731461176	36,05769231	0,175550682	1,97964E-05	0,168236071	0,00013839
22,5	0,14	0,312	0,659043144	36,05769231	0,158170355	0,000330162	0,151579923	0,000134095
27,5	0,14	0,381333333	0,589688997	36,05769231	0,141525359	2,32672E-06	0,135628469	1,91103E-05
32,5	0,13	0,450666667	0,52390411	36,05769231	0,125736986	1,81733E-05	0,120497945	9,0289E-05
37,5	0,09	0,52	0,462101373	36,05769231	0,110904329	0,000436991	0,106283316	0,000265146
			0,968798629			0,000962063	0,968798629	0,000859404

					Cs		**Cs**	
					0,24		**0,23**	
Profund. (mm)	**Cx medido**	**x/2.(D.t)^0,5**	**Cx/Cs**	**(D.t)^0,5**	**Cx teórico**	**Q**	**1,35**	**Q**
2,5	0,22	0,034	0,961649886	36,76470588	0,230795973	0,000116553	0,221179474	1,39116E-06
12,5	0,2	0,17	0,810007539	36,76470588	0,194401809	3,13397E-05	0,186301734	0,000187642
17,5	0,18	0,238	0,736431404	36,76470588	0,176743537	1,06046E-05	0,169379223	0,000112801
22,5	0,14	0,306	0,665196874	36,76470588	0,15964725	0,000386014	0,152995281	0,000168877
27,5	0,14	0,374	0,596863812	36,76470588	0,143247315	1,05451E-05	0,137278677	7,4056E-06
32,5	0,13	0,442	0,531916982	36,76470588	0,127660076	5,47525E-06	0,122340906	5,86617E-05
37,5	0,09	0,51	0,470756383	36,76470588	0,112981532	0,000528151	0,108273968	0,000333938
			0,968975686			0,001088683	0,968975686	0,000870717
					Cs		**Cs**	
					0,24		**0,23**	
Profund. (mm)	**Cx medido**	**x/2.(D.t)^0,5**	**Cx/Cs**	**(D.t)^0,5**	**Cx teórico**	**Q**	**Cx teórico**	**Q**
2,5	0,22	0,035333333	0,960147188	35,37735849	0,230435325	0,000108896	0,220833853	6,95311E-07
12,5	0,2	0,176666667	0,802707685	35,37735849	0,192649844	5,40248E-05	0,184622768	0,000236459
17,5	0,18	0,247333333	0,726502193	35,37735849	0,174360526	3,18037E-05	0,167095505	0,000166526
22,5	0,14	0,318	0,652912411	35,37735849	0,156698979	0,000278856	0,150169855	0,000103426
27,5	0,14	0,388666667	0,582554197	35,37735849	0,139813007	3,49663E-08	0,133987465	3,61506E-05
32,5	0,13	0,459333333	0,515953587	35,37735849	0,123828861	3,8083E-05	0,118669325	0,000128384
37,5	0,09	0,53	0,453535907	35,37735849	0,108848618	0,00035527	0,104313259	0,000204869
			0,968616059			0,000866969	0,968616059	0,000876511

Tabela A.6 – Regressão para obter a melhor correlação de Cs, para $k_{9,5\ anos}$ e considerando keq (Micro-ambiente MLOM – 9,5 anos de idade).

					Cs		**Cs**	
					0,47		**0,46**	
Profund. (mm)	**Cx medido**	**x/2.(D.t)^0,5**	**Cx/Cs**	**(D.t)^0,5**	**Cx teórico**	**Q**	**Cx teórico**	**Q**
2,5	0,42	0,037368421	0,957853871	33,45070423	0,450191319	0,000911516	0,440612781	0,000424887
7,5	0,41	0,112105263	0,874030686	33,45070423	0,410794423	6,31107E-07	0,402054116	6,31371E-05
17,5	0,34	0,261578947	0,711435769	33,45070423	0,334374812	3,16427E-05	0,327260454	0,000162296
22,5	0,31	0,336315789	0,63434345	33,45070423	0,298141421	0,000140626	0,291797987	0,000331313
27,5	0,26	0,411052632	0,56102736	33,45070423	0,263682859	1,35635E-05	0,258072586	3,71493E-06
32,5	0,19	0,485789474	0,492076389	33,45070423	0,231275903	0,0017037	0,226355139	0,001321696
37,5	0,18	0,560526316	0,427950348	33,45070423	0,201136663	0,000446759	0,19685716	0,000284164
42,5	0,16	0,635263158	0,368973526	33,45070423	0,173417557	0,000180031	0,169727822	9,46305E-05
47,5	0,16	0,71	0,315334736	33,45070423	0,148207326	0,000139067	0,145053979	0,000223384
			0,983744662			0,003567536	0,983744662	0,002909222
					Cs		**Cs**	
					0,47		**0,46**	
Profund. (mm)	**Cx medido**	**x/2.(D.t)^0,5**	**Cx/Cs**	**(D.t)^0,5**	**Cx teórico**	**Q**	**Cx teórico**	**Q**
2,5	0,42	0,036842105	0,958446937	33,92857143	0,450470061	0,000928425	0,440885591	0,000436208
7,5	0,41	0,110526316	0,875790397	33,92857143	0,411621486	2,62922E-06	0,402863583	5,09285E-05
17,5	0,34	0,257894737	0,715321746	33,92857143	0,33620122	1,44307E-05	0,329048003	0,000119946
22,5	0,31	0,331578947	0,639124358	33,92857143	0,300388448	9,23819E-05	0,293997205	0,000256089
27,5	0,26	0,405263158	0,566557587	33,92857143	0,266282066	3,94644E-05	0,26061649	3,8006E-07
32,5	0,19	0,478947368	0,498194151	33,92857143	0,234151251	0,001949333	0,229169309	0,001534235
37,5	0,18	0,552631579	0,434485505	33,92857143	0,204208187	0,000586036	0,199863332	0,000394552
42,5	0,16	0,626315789	0,375755342	33,92857143	0,176605011	0,000275726	0,172847457	0,000165057
47,5	0,16	0,7	0,322198807	33,92857143	0,151433439	7,3386E-05	0,148211451	0,00013897
			0,983740102				0,983740102	0,003096366

					Cs		**Cs**	
					0,47		**0,46**	
Profund. (mm)	**Cx medido**	**x/2.(D.t)^0,5**	**Cx/Cs**	**(D.t)^0,5**	**Cx teórico**	**Q**	**Cx teórico**	**Q**
2,5	0,42	0,037894737	0,957260827	32,98611111	0,449912589	0,000894763	0,440339981	0,000413715
7,5	0,41	0,113684211	0,872271599	32,98611111	0,409967651	1,04643E-09	0,401244936	7,66512E-05
17,5	0,34	0,265263158	0,707557276	32,98611111	0,332551919	5,54739E-05	0,325476347	0,000210937
22,5	0,31	0,341052632	0,629577749	32,98611111	0,295901542	0,000198767	0,289605765	0,000415925
27,5	0,26	0,416842105	0,555523392	32,98611111	0,261095994	1,2012E-06	0,25554076	1,98848E-05
32,5	0,19	0,492631579	0,485999161	32,98611111	0,228419606	0,001476066	0,223559614	0,001126248
37,5	0,18	0,568421053	0,421472773	32,98611111	0,198092203	0,000327328	0,193877476	0,000192584
42,5	0,16	0,644210526	0,362268367	32,98611111	0,170266133	0,000105393	0,166643449	4,41354E-05
47,5	0,16	0,72	0,308567175	32,98611111	0,145026572	0,000224204	0,1419409	0,000326131
			0,983744814			0,003283197	0,983744814	0,002826211

Tabela A.7 – Regressão para obter a melhor correlação de Cs, para $k_{5\ anos}$ e considerando keq (Micro-ambiente MLOI – 5 anos de idade).

					Cs		**Cs**	
					0,42		**0,43**	
Profund. (mm)	**Cx medido**	**x/2.(D.t)^0,5**	**Cx/Cs**	**(D.t)^0,5**	**Cx teórico**	**Q**	**Cx teórico**	**Q**
12,5	0,34	0,275	0,697343664	22,72727273	0,292884339	0,002219886	0,299857776	0,001611398
17,5	0,23	0,385	0,586116561	22,72727273	0,246168956	0,000261435	0,252030121	0,000485326
22,5	0,16	0,495	0,483905003	22,72727273	0,203240101	0,001869706	0,208079151	0,002311605
37,5	0,14	0,825	0,243321109	22,72727273	0,102194866	0,001429228	0,104628077	0,001251173
100	0,08	2,2	0,001862846	22,72727273	0,000782395	0,006275429	0,000801024	0,006272478
			0,908439063			0,012055684	0,908439063	0,01193198

					Cs		**Cs**	
					0,42		**0,43**	
Profund. (mm)	**Cx medido**	**x/2.(D.t)^0,5**	**Cx/Cs**	**(D.t)^0,5**	**Cx teórico**	**Q**	**Cx teórico**	**Q**
12,5	0,34	0,2625	0,710465441	23,80952381	0,298395485	0,001730936	0,30550014	0,00119024
17,5	0,23	0,3675	0,603256317	23,80952381	0,253367653	0,000546047	0,259400216	0,000864373
22,5	0,16	0,4725	0,503995783	23,80952381	0,211678229	0,002670639	0,216718187	0,003216953
37,5	0,14	0,7875	0,265411001	23,80952381	0,111472621	0,000813811	0,114126731	0,000669426
100	0,08	2,1	0,002979467	23,80952381	0,001251376	0,006201346	0,001281171	0,006196654
			0,902041463			0,011962779	0,902041463	0,012137646
					Cs		**Cs**	
					0,42		**0,43**	
Profund. (mm)	**Cx medido**	**x/2.(D.t)^0,5**	**Cx/Cs**	**(D.t)^0,5**	**Cx teórico**	**Q**	**Cx teórico**	**Q**
12,5	0,34	0,2875	0,684311788	21,73913043	0,287410951	0,002765608	0,294254069	0,00209269
17,5	0,23	0,4025	0,569206199	21,73913043	0,239066604	8,22033E-05	0,244758666	0,000217818
22,5	0,16	0,5175	0,464256761	21,73913043	0,19498784	0,001224149	0,199630407	0,001570569
37,5	0,14	0,8625	0,222556313	21,73913043	0,093473651	0,002164701	0,095699214	0,00196256
100	0,08	2,3	0,001143177	21,73913043	0,000480134	0,006323409	0,000491566	0,006321591
			0,91432531			0,01256007	0,91432531	0,012165228

Tabela A.8 – Regressão para obter a melhor correlação de Cs, para $k_{9,5\ anos}$ e considerando keq (Micro-ambiente MLOI – 9,5 anos de idade).

					Cs		**Cs**	
					0,43		**0,44**	
Profund. (mm)	**Cx medido**	**x/2.(D.t)^0,5**	**Cx/Cs**	**(D.t)^0,5**	**Cx teórico**	**Q**	**Cx teórico**	**Q**
2,5	0,47	0,025263158	0,971499642	49,47916667	0,417744846	0,002730601	0,427459843	0,001809665
7,5	0,4	0,075789474	0,914644197	49,47916667	0,393297005	4,49301E-05	0,402443447	5,97043E-06
12,5	0,36	0,126315789	0,858222345	49,47916667	0,369035608	8,16422E-05	0,377617832	0,000310388
17,5	0,34	0,176842105	0,802515813	49,47916667	0,3450818	2,58247E-05	0,353106958	0,000171792
22,5	0,3	0,227368421	0,747795519	49,47916667	0,321552073	0,000464492	0,329030028	0,000842743
27,5	0,27	0,277894737	0,694317631	49,47916667	0,298556581	0,000815478	0,305499758	0,001260233
32,5	0,3	0,328421053	0,642319998	49,47916667	0,276197599	0,000566554	0,282620799	0,000302037
37,5	0,24	0,378947368	0,592019021	49,47916667	0,254568179	0,000212232	0,260488369	0,000419773
42,5	0,25	0,429473684	0,543607046	49,47916667	0,23375103	0,000264029	0,2391871	0,000116919
47,5	0,24	0,48	0,49725033	49,47916667	0,213817642	0,000685516	0,218790145	0,000449858
			0,944317825			0,005891299	0,944317825	0,005689378
					Cs		**Cs**	
					0,43		**0,44**	
Profund. (mm)	**Cx medido**	**x/2.(D.t)^0,5**	**Cx/Cs**	**(D.t)^0,5**	**Cx teórico**	**Q**	**1,35**	**Q**
2,5	0,47	0,026315789	0,970312665	47,5	0,417234446	0,002784204	0,426937572	0,001854373
7,5	0,4	0,078947368	0,911102163	47,5	0,39177393	6,76682E-05	0,400884952	7,8314E-07
12,5	0,36	0,131578947	0,852381452	47,5	0,366524024	4,25629E-05	0,375047839	0,000226437
17,5	0,34	0,184210526	0,79446807	47,5	0,34162127	2,62852E-06	0,349565951	9,15074E-05
22,5	0,3	0,236842105	0,737666337	47,5	0,317196525	0,00029572	0,324573188	0,000603842
27,5	0,27	0,289473684	0,682262568	47,5	0,293372904	0,000546293	0,30019553	0,00091177
32,5	0,3	0,342105263	0,628520787	47,5	0,270263938	0,000884233	0,276549146	0,000549943
37,5	0,24	0,394736842	0,576679014	47,5	0,247971976	6,35524E-05	0,253738766	0,000188754
42,5	0,25	0,447368421	0,526946233	47,5	0,22658688	0,000548174	0,231856343	0,000329192
47,5	0,24	0,5	0,479500124	47,5	0,206185053	0,001143451	0,210980055	0,000842157
			0,94497898			0,006378487	0,94497898	0,005598758

					Cs		**Cs**	
					0,43		**0,44**	
Profund. (mm)	**Cx medido**	**x/2.(D.t)^0,5**	**Cx/Cs**	**(D.t)^0,5**	**Cx teórico**	**Q**	**Cx teórico**	**Q**
2,5	0,47	0,025789474	0,970906145	48,46938776	0,417489643	0,002757338	0,427198704	0,001831951
7,5	0,4	0,077368421	0,912872964	48,46938776	0,392535374	5,57206E-05	0,401664104	2,76924E-06
12,5	0,36	0,128947368	0,855300908	48,46938776	0,36777939	6,05189E-05	0,376332399	0,000266747
17,5	0,34	0,180526316	0,798489265	48,46938776	0,343350384	1,12251E-05	0,351335277	0,000128488
22,5	0,3	0,232105263	0,742725359	48,46938776	0,319371905	0,000375271	0,326799158	0,000718195
27,5	0,27	0,283684211	0,6882802	48,46938776	0,295960486	0,000673947	0,302843288	0,001078682
32,5	0,3	0,335263158	0,635404565	48,46938776	0,273223963	0,000716956	0,279578009	0,000417058
37,5	0,24	0,386842105	0,584325593	48,46938776	0,251260005	0,000126788	0,257103261	0,000292522
42,5	0,25	0,438421053	0,535243962	48,46938776	0,230154904	0,000393828	0,235507343	0,000210037
47,5	0,24	0,49	0,48833174	48,46938776	0,209982648	0,000901041	0,214865966	0,00063172
			0,944646023			0,006072633	0,944646023	0,005578168

ANEXO B – Estimativa de Mt (área abaixo do perfil de cloretos).

Tabela B.1 – Estimativa de Mt (área abaixo do perfil de cloretos) - MLLS para k e keq aos 5 anos.

Profund. (mm)	Cx	Cxmédio	Profund. (mm)	Cx	Cxmédio	Profund. (mm)	Cx	Cxmédio	Profund. (mm)	Cx	Cxmédio
0	0,2400	0,0240	2,1	0,2273	0,0227	4,2	0,2146	0,0214	6,3	0,2020	0,0202
0,1	0,2394	0,0239	2,2	0,2267	0,0226	4,3	0,2140	0,0214	6,4	0,2014	0,0201
0,2	0,2388	0,0238	2,3	0,2261	0,0226	4,4	0,2134	0,0213	6,5	0,2008	0,0201
0,3	0,2382	0,0238	2,4	0,2255	0,0225	4,5	0,2128	0,0212	6,6	0,2003	0,0200
0,4	0,2376	0,0237	2,5	0,2249	0,0225	4,6	0,2122	0,0212	6,7	0,1997	0,0199
0,5	0,2370	0,0237	2,6	0,2242	0,0224	4,7	0,2116	0,0211	6,8	0,1991	0,0199
0,6	0,2364	0,0236	2,7	0,2236	0,0223	4,8	0,2110	0,0211	6,9	0,1985	0,0198
0,7	0,2358	0,0235	2,8	0,2230	0,0223	4,9	0,2104	0,0210	7	0,1979	0,0198
0,8	0,2351	0,0235	2,9	0,2224	0,0222	5	0,2098	0,0209	7,1	0,1973	0,0197
0,9	0,2345	0,0234	3	0,2218	0,0222	5,1	0,2092	0,0209	7,2	0,1967	0,0196
1	0,2339	0,0234	3,1	0,2212	0,0221	5,2	0,2086	0,0208	7,3	0,1961	0,0196
1,1	0,2333	0,0233	3,2	0,2206	0,0220	5,3	0,2080	0,0208	7,4	0,1955	0,0195
1,2	0,2327	0,0232	3,3	0,2200	0,0220	5,4	0,2074	0,0207	7,5	0,1949	0,0195
1,3	0,2321	0,0232	3,4	0,2194	0,0219	5,5	0,2068	0,0207	7,6	0,1943	0,0194
1,4	0,2315	0,0231	3,5	0,2188	0,0219	5,6	0,2062	0,0206	7,7	0,1937	0,0193
1,5	0,2309	0,0231	3,6	0,2182	0,0218	5,7	0,2056	0,0205	7,8	0,1932	0,0193
1,6	0,2303	0,0230	3,7	0,2176	0,0217	5,8	0,2050	0,0205	7,9	0,1926	0,0192
1,7	0,2297	0,0229	3,8	0,2170	0,0217	5,9	0,2044	0,0204	8	0,1920	0,0192
1,8	0,2291	0,0229	3,9	0,2164	0,0216	6	0,2038	0,0204	8,1	0,1914	0,0191
1,9	0,2285	0,0228	4	0,2158	0,0215	6,1	0,2032	0,0203	8,2	0,1908	0,0191
2	0,2279	0,0228	4,1	0,2152	0,0215	6,2	0,2026	0,0202	8,3	0,1902	0,0190

Tabela B.1 – Estimativa de Mt (área abaixo do perfil de cloretos) - MLLS para k e keq aos 5 anos.

Profund. (mm)	Cx	Cxmédio	Profund. (mm)	Cx	Cxmédio	Profund. (mm)	Cx	Cxmédio	Profund. (mm)	Cx	Cxmédio
8,4	0,1896	0,0189	10,8	0,1757	0,0175	13,2	0,1622	0,0162	15,6	0,1491	0,0149
8,5	0,1891	0,0189	10,9	0,1752	0,0175	13,3	0,1616	0,0161	15,7	0,1485	0,0148
8,6	0,1885	0,0188	11	0,1746	0,0174	13,4	0,1611	0,0161	15,8	0,1480	0,0148
8,7	0,1879	0,0188	11,1	0,1740	0,0174	13,5	0,1605	0,0160	15,9	0,1475	0,0147
8,8	0,1873	0,0187	11,2	0,1735	0,0173	13,6	0,1600	0,0160	16	0,1469	0,0147
8,9	0,1867	0,0186	11,3	0,1729	0,0173	13,7	0,1594	0,0159	16,1	0,1464	0,0146
9	0,1861	0,0186	11,4	0,1723	0,0172	13,8	0,1589	0,0159	16,2	0,1459	0,0146
9,1	0,1856	0,0185	11,5	0,1718	0,0171	13,9	0,1583	0,0158	16,3	0,1453	0,0145
9,2	0,1850	0,0185	11,6	0,1712	0,0171	14	0,1578	0,0158	16,4	0,1448	0,0145
9,3	0,1844	0,0184	11,7	0,1706	0,0170	14,1	0,1572	0,0157	16,5	0,1443	0,0144
9,4	0,1838	0,0184	11,8	0,1701	0,0170	14,2	0,1567	0,0156	16,6	0,1438	0,0143
9,5	0,1832	0,0183	11,9	0,1695	0,0169	14,3	0,1561	0,0156	16,7	0,1432	0,0143
9,6	0,1827	0,0182	12	0,1689	0,0169	14,4	0,1556	0,0155	16,8	0,1427	0,0142
9,7	0,1821	0,0182	12,1	0,1684	0,0168	14,5	0,1550	0,0155	16,9	0,1422	0,0142
9,8	0,1815	0,0181	12,2	0,1678	0,0168	14,6	0,1545	0,0154	17	0,1417	0,0141
9,9	0,1809	0,0181	12,3	0,1672	0,0167	14,7	0,1539	0,0154	17,1	0,1411	0,0141
10	0,1803	0,0180	12,4	0,1667	0,0166	14,8	0,1534	0,0153	17,2	0,1406	0,0140
10,1	0,1798	0,0179	12,5	0,1661	0,0166	14,9	0,1529	0,0153	17,3	0,1401	0,0140
10,2	0,1792	0,0179	12,6	0,1655	0,0165	15	0,1523	0,0152	17,4	0,1396	0,0139
10,3	0,1786	0,0178	12,7	0,1650	0,0165	15,1	0,1518	0,0152	17,5	0,1390	0,0139
10,4	0,1780	0,0178	12,8	0,1644	0,0164	15,2	0,1512	0,0151	17,6	0,1385	0,0138
10,5	0,1775	0,0177	12,9	0,1639	0,0164	15,3	0,1507	0,0150	17,7	0,1380	0,0138
10,6	0,1769	0,0177	13	0,1633	0,0163	15,4	0,1502	0,0150	17,8	0,1375	0,0137
10,7	0,1763	0,0176	13,1	0,1628	0,0162	15,5	0,1496	0,0149	17,9	0,1370	0,0137

Tabela B.1 – Estimativa de Mt (área abaixo do perfil de cloretos) - MLLS para k e keq aos 5 anos.

Profund. (mm)	Cx	Cxmédio	Profund. (mm)	Cx	Cxmédio	Profund. (mm)	Cx	Cxmédio	Profund. (mm)	Cx	Cxmédio
18	0,136448	0,013619	20,5	0,123858	0,01236	23	0,1119	0,0112	25,5	0,1006	0,0100
18,1	0,1359	0,0136	20,6	0,1234	0,0123	23,1	0,1114	0,0111	25,6	0,1002	0,0100
18,2	0,1354	0,0135	20,7	0,1229	0,0123	23,2	0,1110	0,0111	25,7	0,0997	0,0100
18,3	0,1349	0,0135	20,8	0,1224	0,0122	23,3	0,1105	0,0110	25,8	0,0993	0,0099
18,4	0,1344	0,0134	20,9	0,1219	0,0122	23,4	0,1100	0,0110	25,9	0,0989	0,0099
18,5	0,1339	0,0134	21	0,1214	0,0121	23,5	0,1096	0,0109	26	0,0984	0,0098
18,6	0,1334	0,0133	21,1	0,1209	0,0121	23,6	0,1091	0,0109	26,1	0,0980	0,0098
18,7	0,1329	0,0133	21,2	0,1204	0,0120	23,7	0,1087	0,0108	26,2	0,0976	0,0097
18,8	0,1324	0,0132	21,3	0,1200	0,0120	23,8	0,1082	0,0108	26,3	0,0971	0,0097
18,9	0,1318	0,0132	21,4	0,1195	0,0119	23,9	0,1078	0,0108	26,4	0,0967	0,0097
19	0,1313	0,0131	21,5	0,1190	0,0119	24	0,1073	0,0107	26,5	0,0963	0,0096
19,1	0,1308	0,0131	21,6	0,1185	0,0118	24,1	0,1068	0,0107	26,6	0,0959	0,0096
19,2	0,1303	0,0130	21,7	0,1180	0,0118	24,2	0,1064	0,0106	26,7	0,0954	0,0095
19,3	0,1298	0,0130	21,8	0,1176	0,0117	24,3	0,1059	0,0106	26,8	0,0950	0,0095
19,4	0,1293	0,0129	21,9	0,1171	0,0117	24,4	0,1055	0,0105	26,9	0,0946	0,0094
19,5	0,1288	0,0129	22	0,1166	0,0116	24,5	0,1050	0,0105	27	0,0942	0,0094
19,6	0,1283	0,0128	22,1	0,1161	0,0116	24,6	0,1046	0,0104	27,1	0,0938	0,0094
19,7	0,1278	0,0128	22,2	0,1157	0,0115	24,7	0,1041	0,0104	27,2	0,0933	0,0093
19,8	0,1273	0,0127	22,3	0,1152	0,0115	24,8	0,1037	0,0103	27,3	0,0929	0,0093
19,9	0,1268	0,0127	22,4	0,1147	0,0114	24,9	0,1033	0,0103	27,4	0,0925	0,0092
20	0,1263	0,0126	22,5	0,1142	0,0114	25	0,1028	0,0103	27,5	0,0921	0,0092
20,1	0,1258	0,0126	22,6	0,1138	0,0114	25,1	0,1024	0,0102	27,6	0,0917	0,0091
20,2	0,1253	0,0125	22,7	0,1133	0,0113	25,2	0,1019	0,0102	27,7	0,0913	0,0091
20,3	0,1248	0,0125	22,8	0,1128	0,0113	25,3	0,1015	0,0101	27,8	0,0908	0,0091
20,4	0,1243	0,0124	22,9	0,1124	0,0112	25,4	0,1010	0,0101	27,9	0,0904	0,0090

Tabela B.1 – Estimativa de Mt (área abaixo do perfil de cloretos) - MLLS para k e keq aos 5 anos.

Profund. (mm)	Cx	Cxmédio	Profund. (mm)	Cx	Cxmédio	Profund. (mm)	Cx	Cxmédio	Profund. (mm)	Cx	Cxmédio
28	0,09002	0,008982	30,4	0,0805	0,0080	32,8	0,071707	0,007153	35,2	0,063556	0,006339
28,1	0,0896	0,0089	30,5	0,080148	0,007996	32,9	0,0714	0,007118	35,3	0,063231	0,006307
28,2	0,0892	0,0089	30,6	0,079768	0,007958	33	0,071003	0,007083	35,4	0,062907	0,006275
28,3	0,0888	0,0089	30,7	0,079389	0,00792	33,1	0,070652	0,007048	35,5	0,062584	0,006242
28,4	0,0884	0,0088	30,8	0,079012	0,007882	33,2	0,070303	0,007013	35,6	0,0623	0,0062
28,5	0,0880	0,0088	30,9	0,078636	0,007845	33,3	0,069954	0,006978	35,7	0,0619	0,0062
28,6	0,0876	0,0087	31	0,07826	0,007807	33,4	0,069607	0,006943	35,8	0,0616	0,0061
28,7	0,0872	0,0087	31,1	0,077886	0,00777	33,5	0,069261	0,006909	35,9	0,0613	0,0061
28,8	0,0868	0,0087	31,2	0,077514	0,007733	33,6	0,068916	0,006874	36	0,0610	0,0061
28,9	0,0864	0,0086	31,3	0,077142	0,007696	33,7	0,068572	0,00684	36,1	0,0607	0,0061
29	0,0860	0,0086	31,4	0,076772	0,007659	33,8	0,06823	0,006806	36,2	0,0604	0,0060
29,1	0,0856	0,0085	31,5	0,076402	0,007622	33,9	0,067889	0,006772	36,3	0,0600	0,0060
29,2	0,0852	0,0085	31,6	0,076034	0,007585	34	0,067548	0,006738	36,4	0,0597	0,0060
29,3	0,0848	0,0085	31,7	0,075667	0,007548	34,1	0,067209	0,006704	36,5	0,0594	0,0059
29,4	0,0844	0,0084	31,8	0,075301	0,007512	34,2	0,066871	0,00667	36,6	0,0591	0,0059
29,5	0,0840	0,0084	31,9	0,074937	0,007476	34,3	0,066535	0,006637	36,7	0,0588	0,0059
29,6	0,0836	0,0083	32	0,074573	0,007439	34,4	0,066199	0,006603	36,8	0,0585	0,0058
29,7	0,0832	0,0083	32,1	0,074211	0,007403	34,5	0,065865	0,00657	36,9	0,0582	0,0058
29,8	0,0828	0,0083	32,2	0,07385	0,007367	34,6	0,065531	0,006537	37	0,0579	0,0058
29,9	0,0825	0,0082	32,3	0,07349	0,007331	34,7	0,065199	0,006503	37,1	0,0576	0,0057
30	0,0821	0,0082	32,4	0,073131	0,007295	34,8	0,064868	0,00647	37,2	0,0573	0,0057
30,1	0,0817	0,0081	32,5	0,072773	0,00726	34,9	0,064539	0,006437	37,3	0,0570	0,0057
30,2	0,0813	0,0081	32,6	0,072417	0,007224	35	0,06421	0,006405	37,4	0,0567	0,0057
30,3	0,0809	0,0081	32,7	0,072062	0,007188	35,1	0,063882	0,006372	37,5	0,0564	0,0056

Tabela B.1 – Estimativa de Mt (área abaixo do perfil de cloretos) - MLLS para k e keq aos 5 anos.

Profund. (mm)	Cx	Cxmédio	Profund. (mm)	Cx	Cxmédio	Profund. (mm)	Cx	Cxmédio	Profund. (mm)	Cx	Cxmédio
37,6	0,0561	0,0056	40,1	0,0490	0,0049	42,6	0,0425	0,0042	45,1	0,0367	0,0037
37,7	0,0558	0,0056	40,2	0,0487	0,0049	42,7	0,0423	0,0042	45,2	0,0365	0,0036
37,8	0,0555	0,0055	40,3	0,0484	0,0048	42,8	0,0420	0,0042	45,3	0,0363	0,0036
37,9	0,0552	0,0055	40,4	0,0481	0,0048	42,9	0,0418	0,0042	45,4	0,0361	0,0036
38	0,0549	0,0055	40,5	0,0479	0,0048	43	0,0416	0,0041	45,5	0,0359	0,0036
38,1	0,0546	0,0054	40,6	0,0476	0,0047	43,1	0,0413	0,0041	45,6	0,0357	0,0036
38,2	0,0543	0,0054	40,7	0,0473	0,0047	43,2	0,0411	0,0041	45,7	0,0354	0,0035
38,3	0,0540	0,0054	40,8	0,0471	0,0047	43,3	0,0408	0,0041	45,8	0,0352	0,0035
38,4	0,0537	0,0054	40,9	0,0468	0,0047	43,4	0,0406	0,0040	45,9	0,0350	0,0035
38,5	0,0534	0,0053	41	0,0466	0,0046	43,5	0,0404	0,0040	46	0,0348	0,0035
38,6	0,0531	0,0053	41,1	0,0463	0,0046	43,6	0,0401	0,0040	46,1	0,0346	0,0035
38,7	0,0529	0,0053	41,2	0,0460	0,0046	43,7	0,0399	0,0040	46,2	0,0344	0,0034
38,8	0,0526	0,0052	41,3	0,0458	0,0046	43,8	0,0397	0,0040	46,3	0,0342	0,0034
38,9	0,0523	0,0052	41,4	0,0455	0,0045	43,9	0,0394	0,0039	46,4	0,0340	0,0034
39	0,0520	0,0052	41,5	0,0453	0,0045	44	0,0392	0,0039	46,5	0,0338	0,0034
39,1	0,0517	0,0052	41,6	0,0450	0,0045	44,1	0,0390	0,0039	46,6	0,0336	0,0033
39,2	0,0514	0,0051	41,7	0,0448	0,0045	44,2	0,0387	0,0039	46,7	0,0334	0,0033
39,3	0,0512	0,0051	41,8	0,0445	0,0044	44,3	0,0385	0,0038	46,8	0,0332	0,0033
39,4	0,0509	0,0051	41,9	0,0443	0,0044	44,4	0,0383	0,0038	46,9	0,0330	0,0033
39,5	0,0506	0,0050	42	0,0440	0,0044	44,5	0,0381	0,0038	47	0,0328	0,0033
39,6	0,0503	0,0050	42,1	0,0438	0,0044	44,6	0,0378	0,0038	47,1	0,0326	0,0032
39,7	0,0500	0,0050	42,2	0,0435	0,0043	44,7	0,0376	0,0038	47,2	0,0324	0,0032
39,8	0,0498	0,0050	42,3	0,0433	0,0043	44,8	0,0374	0,0037	47,3	0,0322	0,0032
39,9	0,0495	0,0049	42,4	0,0430	0,0043	44,9	0,0372	0,0037	47,4	0,0320	0,0032
40	0,0492	0,0049	42,5	0,0428	0,0043	45	0,0370	0,0037	47,5	0,0318	0,0032

Tabela B.1 – Estimativa de Mt (área abaixo do perfil de cloretos) - MLLS para k e keq aos 5 anos.

Profund. (mm)	Cx	Cxmédio	Profund. (mm)	Cx	Cxmédio	Profund. (mm)	Cx	Cxmédio	Profund. (mm)	Cx	Cxmédio
47,6	0,0316	0,0031	50,1	0,0270	0,0027	52,6	0,0230	0,0023	55,1	0,0194	0,0019
47,7	0,0314	0,0031	50,2	0,0268	0,0027	52,7	0,0228	0,0023	55,2	0,0193	0,0019
47,8	0,0312	0,0031	50,3	0,0267	0,0027	52,8	0,0227	0,0023	55,3	0,0192	0,0019
47,9	0,0310	0,0031	50,4	0,0265	0,0026	52,9	0,0225	0,0022	55,4	0,0190	0,0019
48	0,0308	0,0031	50,5	0,0263	0,0026	53	0,0224	0,0022	55,5	0,0189	0,0019
48,1	0,0306	0,0031	50,6	0,0261	0,0026	53,1	0,0222	0,0022	55,6	0,0188	0,0019
48,2	0,0304	0,0030	50,7	0,0260	0,0026	53,2	0,0221	0,0022	55,7	0,0186	0,0019
48,3	0,0302	0,0030	50,8	0,0258	0,0026	53,3	0,0219	0,0022	55,8	0,0185	0,0018
48,4	0,0301	0,0030	50,9	0,0256	0,0026	53,4	0,0218	0,0022	55,9	0,0184	0,0018
48,5	0,0299	0,0030	51	0,0255	0,0025	53,5	0,0216	0,0022	56	0,0183	0,0018
48,6	0,0297	0,0030	51,1	0,0253	0,0025	53,6	0,0215	0,0021	56,1	0,0181	0,0018
48,7	0,0295	0,0029	51,2	0,0252	0,0025	53,7	0,0213	0,0021	56,2	0,0180	0,0018
48,8	0,0293	0,0029	51,3	0,0250	0,0025	53,8	0,0212	0,0021	56,3	0,0179	0,0018
48,9	0,0291	0,0029	51,4	0,0248	0,0025	53,9	0,0211	0,0021	56,4	0,0178	0,0018
49	0,0289	0,0029	51,5	0,0247	0,0025	54	0,0209	0,0021	56,5	0,0176	0,0018
49,1	0,0288	0,0029	51,6	0,0245	0,0024	54,1	0,0208	0,0021	56,6	0,0175	0,0017
49,2	0,0286	0,0028	51,7	0,0244	0,0024	54,2	0,0206	0,0021	56,7	0,0174	0,0017
49,3	0,0284	0,0028	51,8	0,0242	0,0024	54,3	0,0205	0,0020	56,8	0,0173	0,0017
49,4	0,0282	0,0028	51,9	0,0240	0,0024	54,4	0,0204	0,0020	56,9	0,0172	0,0017
49,5	0,0280	0,0028	52	0,0239	0,0024	54,5	0,0202	0,0020	57	0,0170	0,0017
49,6	0,0279	0,0028	52,1	0,0237	0,0024	54,6	0,0201	0,0020	57,1	0,0169	0,0017
49,7	0,0277	0,0028	52,2	0,0236	0,0023	54,7	0,0200	0,0020	57,2	0,0168	0,0017
49,8	0,0275	0,0027	52,3	0,0234	0,0023	54,8	0,0198	0,0020	57,3	0,0167	0,0017
49,9	0,0273	0,0027	52,4	0,0233	0,0023	54,9	0,0197	0,0020	57,4	0,0166	0,0017
50	0,0272	0,0027	52,5	0,0231	0,0023	55	0,0195	0,0019	57,5	0,0164	0,0016

Tabela B.1 – Estimativa de Mt (área abaixo do perfil de cloretos) - MLLS para k e keq aos 5 anos.

Profund. (mm)	Cx	Cxmédio	Profund. (mm)	Cx	Cxmédio	Profund. (mm)	Cx	Cxmédio	Profund. (mm)	Cx	Cxmédio
57,6	0,0163	0,0016	60,1	0,0137	0,0014	62,6	0,0114	0,0011	65,1	0,0094	0,0009
57,7	0,0162	0,0016	60,2	0,0136	0,0014	62,7	0,0113	0,0011	65,2	0,0093	0,0009
57,8	0,0161	0,0016	60,3	0,0135	0,0013	62,8	0,0112	0,0011	65,3	0,0093	0,0009
57,9	0,0160	0,0016	60,4	0,0134	0,0013	62,9	0,0111	0,0011	65,4	0,0092	0,0009
58	0,0159	0,0016	60,5	0,0133	0,0013	63	0,0110	0,0011	65,5	0,0091	0,0009
58,1	0,0158	0,0016	60,6	0,0132	0,0013	63,1	0,0109	0,0011	65,6	0,0090	0,0009
58,2	0,0157	0,0016	60,7	0,0131	0,0013	63,2	0,0109	0,0011	65,7	0,0090	0,0009
58,3	0,0155	0,0015	60,8	0,0130	0,0013	63,3	0,0108	0,0011	65,8	0,0089	0,0009
58,4	0,0154	0,0015	60,9	0,0129	0,0013	63,4	0,0107	0,0011	65,9	0,0088	0,0009
58,5	0,0153	0,0015	61	0,0128	0,0013	63,5	0,0106	0,0011	66	0,0088	0,0009
58,6	0,0152	0,0015	61,1	0,0127	0,0013	63,6	0,0105	0,0011	66,1	0,0087	0,0009
58,7	0,0151	0,0015	61,2	0,0126	0,0013	63,7	0,0105	0,0010	66,2	0,0086	0,0009
58,8	0,0150	0,0015	61,3	0,0125	0,0012	63,8	0,0104	0,0010	66,3	0,0086	0,0009
58,9	0,0149	0,0015	61,4	0,0124	0,0012	63,9	0,0103	0,0010	66,4	0,0085	0,0008
59	0,0148	0,0015	61,5	0,0123	0,0012	64	0,0102	0,0010	66,5	0,0084	0,0008
59,1	0,0147	0,0015	61,6	0,0122	0,0012	64,1	0,0102	0,0010	66,6	0,0084	0,0008
59,2	0,0146	0,0015	61,7	0,0122	0,0012	64,2	0,0101	0,0010	66,7	0,0083	0,0008
59,3	0,0145	0,0014	61,8	0,0121	0,0012	64,3	0,0100	0,0010	66,8	0,0082	0,0008
59,4	0,0144	0,0014	61,9	0,0120	0,0012	64,4	0,0099	0,0010	66,9	0,0082	0,0008
59,5	0,0143	0,0014	62	0,0119	0,0012	64,5	0,0098	0,0010	67	0,0081	0,0008
59,6	0,0142	0,0014	62,1	0,0118	0,0012	64,6	0,0098	0,0010	67,1	0,0080	0,0008
59,7	0,0141	0,0014	62,2	0,0117	0,0012	64,7	0,0097	0,0010	67,2	0,0080	0,0008
59,8	0,0140	0,0014	62,3	0,0116	0,0012	64,8	0,0096	0,0010	67,3	0,0079	0,0008
59,9	0,0139	0,0014	62,4	0,0115	0,0011	64,9	0,0095	0,0010	67,4	0,0079	0,0008
60	0,0138	0,0014	62,5	0,0115	0,0011	65	0,0095	0,0009	67,5	0,0078	0,0008

Tabela B.1 – Estimativa de Mt (área abaixo do perfil de cloretos) - MLLS para k e keq aos 5 anos.

Profund. (mm)	Cx	Cxmédio	Profund. (mm)	Cx	Cxmédio	Profund. (mm)	Cx	Cxmédio	Profund. (mm)	Cx	Cxmédio
67,6	0,0077	0,0008	70,1	0,0063	0,0006	72,6	0,0051	0,0005	75,1	0,0042	0,0004
67,7	0,0077	0,0008	70,2	0,0063	0,0006	72,7	0,0051	0,0005	75,2	0,0041	0,0004
67,8	0,0076	0,0008	70,3	0,0062	0,0006	72,8	0,0051	0,0005	75,3	0,0041	0,0004
67,9	0,0076	0,0008	70,4	0,0062	0,0006	72,9	0,0050	0,0005	75,4	0,0041	0,0004
68	0,0075	0,0007	70,5	0,0061	0,0006	73	0,0050	0,0005	75,5	0,0040	0,0004
68,1	0,0074	0,0007	70,6	0,0061	0,0006	73,1	0,0049	0,0005	75,6	0,0040	0,0004
68,2	0,0074	0,0007	70,7	0,0060	0,0006	73,2	0,0049	0,0005	75,7	0,0040	0,0004
68,3	0,0073	0,0007	70,8	0,0060	0,0006	73,3	0,0049	0,0005	75,8	0,0039	0,0004
68,4	0,0073	0,0007	70,9	0,0059	0,0006	73,4	0,0048	0,0005	75,9	0,0039	0,0004
68,5	0,0072	0,0007	71	0,0059	0,0006	73,5	0,0048	0,0005	76	0,0039	0,0004
68,6	0,0071	0,0007	71,1	0,0058	0,0006	73,6	0,0047	0,0005	76,1	0,0038	0,0004
68,7	0,0071	0,0007	71,2	0,0058	0,0006	73,7	0,0047	0,0005	76,2	0,0038	0,0004
68,8	0,0070	0,0007	71,3	0,0057	0,0006	73,8	0,0047	0,0005	76,3	0,0038	0,0004
68,9	0,0070	0,0007	71,4	0,0057	0,0006	73,9	0,0046	0,0005	76,4	0,0037	0,0004
69	0,0069	0,0007	71,5	0,0056	0,0006	74	0,0046	0,0005	76,5	0,0037	0,0004
69,1	0,0069	0,0007	71,6	0,0056	0,0006	74,1	0,0045	0,0005	76,6	0,0037	0,0004
69,2	0,0068	0,0007	71,7	0,0056	0,0006	74,2	0,0045	0,0004	76,7	0,0036	0,0004
69,3	0,0068	0,0007	71,8	0,0055	0,0005	74,3	0,0045	0,0004	76,8	0,0036	0,0004
69,4	0,0067	0,0007	71,9	0,0055	0,0005	74,4	0,0044	0,0004	76,9	0,0036	0,0004
69,5	0,0066	0,0007	72	0,0054	0,0005	74,5	0,0044	0,0004	77	0,0035	0,0004
69,6	0,0066	0,0007	72,1	0,0054	0,0005	74,6	0,0043	0,0004	77,1	0,0035	0,0003
69,7	0,0065	0,0007	72,2	0,0053	0,0005	74,7	0,0043	0,0004	77,2	0,0035	0,0003
69,8	0,0065	0,0006	72,3	0,0053	0,0005	74,8	0,0043	0,0004	77,3	0,0034	0,0003
69,9	0,0064	0,0006	72,4	0,0052	0,0005	74,9	0,0042	0,0004	77,4	0,0034	0,0003
70	0,0064	0,0006	72,5	0,0052	0,0005	75	0,0042	0,0004	77,5	0,0034	0,0003

Tabela B.1 – Estimativa de Mt (área abaixo do perfil de cloretos) - MLLS para k e keq aos 5 anos.

Profund. (mm)	Cx	Cxmédio	Profund. (mm)	Cx	Cxmédio	Profund. (mm)	Cx	Cxmédio	Profund. (mm)	Cx	Cxmédio
77,6	0,0034	0,0003	80,1	0,0027	0,0003	82,6	0,0021	0,0002	85,1	0,0017	0,0002
77,7	0,0033	0,0003	80,2	0,0027	0,0003	82,7	0,0021	0,0002	85,2	0,0017	0,0002
77,8	0,0033	0,0003	80,3	0,0026	0,0003	82,8	0,0021	0,0002	85,3	0,0017	0,0002
77,9	0,0033	0,0003	80,4	0,0026	0,0003	82,9	0,0021	0,0002	85,4	0,0016	0,0002
78	0,0032	0,0003	80,5	0,0026	0,0003	83	0,0021	0,0002	85,5	0,0016	0,0002
78,1	0,0032	0,0003	80,6	0,0026	0,0003	83,1	0,0020	0,0002	85,6	0,0016	0,0002
78,2	0,0032	0,0003	80,7	0,0025	0,0003	83,2	0,0020	0,0002	85,7	0,0016	0,0002
78,3	0,0031	0,0003	80,8	0,0025	0,0003	83,3	0,0020	0,0002	85,8	0,0016	0,0002
78,4	0,0031	0,0003	80,9	0,0025	0,0002	83,4	0,0020	0,0002	85,9	0,0016	0,0002
78,5	0,0031	0,0003	81	0,0025	0,0002	83,5	0,0020	0,0002	86	0,0015	0,0002
78,6	0,0031	0,0003	81,1	0,0024	0,0002	83,6	0,0019	0,0002	86,1	0,0015	0,0002
78,7	0,0030	0,0003	81,2	0,0024	0,0002	83,7	0,0019	0,0002	86,2	0,0015	0,0002
78,8	0,0030	0,0003	81,3	0,0024	0,0002	83,8	0,0019	0,0002	86,3	0,0015	0,0001
78,9	0,0030	0,0003	81,4	0,0024	0,0002	83,9	0,0019	0,0002	86,4	0,0015	0,0001
79	0,0030	0,0003	81,5	0,0024	0,0002	84	0,0019	0,0002	86,5	0,0015	0,0001
79,1	0,0029	0,0003	81,6	0,0023	0,0002	84,1	0,0019	0,0002	86,6	0,0015	0,0001
79,2	0,0029	0,0003	81,7	0,0023	0,0002	84,2	0,0018	0,0002	86,7	0,0014	0,0001
79,3	0,0029	0,0003	81,8	0,0023	0,0002	84,3	0,0018	0,0002	86,8	0,0014	0,0001
79,4	0,0029	0,0003	81,9	0,0023	0,0002	84,4	0,0018	0,0002	86,9	0,0014	0,0001
79,5	0,0028	0,0003	82	0,0023	0,0002	84,5	0,0018	0,0002	87	0,0014	0,0001
79,6	0,0028	0,0003	82,1	0,0022	0,0002	84,6	0,0018	0,0002	87,1	0,0014	0,0001
79,7	0,0028	0,0003	82,2	0,0022	0,0002	84,7	0,0018	0,0002	87,2	0,0014	0,0001
79,8	0,0028	0,0003	82,3	0,0022	0,0002	84,8	0,0017	0,0002	87,3	0,0014	0,0001
79,9	0,0027	0,0003	82,4	0,0022	0,0002	84,9	0,0017	0,0002	87,4	0,0014	0,0001
80	0,0027	0,0003	82,5	0,0022	0,0002	85	0,0017	0,0002	87,5	0,0013	0,0001
87,7	0,0013	0,0001	87,9	0,0013	0,0001	88,1	0,0013	0,0001			
87,8	0,0013	0,0001	88	0,0013	0,0001	88,2	0,0012		SOMA = Mt		6,0331

Tabela B.2 – Estimativa de Mt (área abaixo do perfil de cloretos) - MLLS para k e keq aos 9,5 anos.

Profund. (mm)	Cx	Cxmédio	Profund. (mm)	Cx	Cxmédio	Profund. (mm)	Cx	Cxmédio	Profund. (mm)	Cx	Cxmédio
0	0,43	0,042956	2,4	0,40893	0,040849	4,8	0,387939	0,038750	7,2	0,367106	0,036667
0,1	0,429122	0,042868	2,5	0,408053	0,040761	4,9	0,387067	0,038663	7,3	0,366243	0,036581
0,2	0,428243	0,042780	2,6	0,407177	0,040674	5	0,386196	0,038576	7,4	0,36538	0,036495
0,3	0,427365	0,042693	2,7	0,4063	0,040586	5,1	0,385325	0,038489	7,5	0,364517	0,036409
0,4	0,426486	0,042605	2,8	0,405424	0,040499	5,2	0,384454	0,038402	7,6	0,363655	0,036322
0,5	0,425608	0,042517	2,9	0,404548	0,040411	5,3	0,383583	0,038315	7,7	0,362793	0,036236
0,6	0,424729	0,042429	3	0,403672	0,040323	5,4	0,382713	0,038228	7,8	0,361932	0,036150
0,7	0,423851	0,042341	3,1	0,402796	0,040236	5,5	0,381843	0,038141	7,9	0,361071	0,036064
0,8	0,422973	0,042253	3,2	0,40192	0,040148	5,6	0,380974	0,038054	8	0,360211	0,035978
0,9	0,422094	0,042166	3,3	0,401045	0,040061	5,7	0,380104	0,037967	8,1	0,359351	0,035892
1	0,421216	0,042078	3,4	0,40017	0,039973	5,8	0,379235	0,037880	8,2	0,358491	0,035806
1,1	0,420338	0,041990	3,5	0,399295	0,039886	5,9	0,378367	0,037793	8,3	0,357632	0,035720
1,2	0,41946	0,041902	3,6	0,39842	0,039798	6	0,377498	0,037706	8,4	0,356773	0,035634
1,3	0,418582	0,041814	3,7	0,397545	0,039711	6,1	0,37663	0,037620	8,5	0,355915	0,035549
1,4	0,417704	0,041727	3,8	0,396671	0,039623	6,2	0,375763	0,037533	8,6	0,355057	0,035463
1,5	0,416826	0,041639	3,9	0,395796	0,039536	6,3	0,374895	0,037446	8,7	0,3542	0,035377
1,6	0,415948	0,041551	4	0,394922	0,039449	6,4	0,374028	0,037360	8,8	0,353344	0,035292
1,7	0,415071	0,041463	4,1	0,394049	0,039361	6,5	0,373162	0,037273	8,9	0,352487	0,035206
1,8	0,414193	0,041375	4,2	0,393175	0,039274	6,6	0,372296	0,037186	9	0,351632	0,035120
1,9	0,413316	0,041288	4,3	0,392302	0,039187	6,7	0,37143	0,037100	9,1	0,350776	0,035035
2	0,412438	0,041200	4,4	0,391429	0,039099	6,8	0,370564	0,037013	9,2	0,349922	0,034949
2,1	0,411561	0,041112	4,5	0,390556	0,039012	6,9	0,369699	0,036927	9,3	0,349068	0,034864
2,2	0,410684	0,041025	4,6	0,389683	0,038925	7	0,368835	0,036840	9,4	0,348214	0,034779
2,3	0,409807	0,040937	4,7	0,388811	0,038838	7,1	0,36797	0,036754	9,5	0,347361	0,034693

Tabela B.2 – Estimativa de Mt (área abaixo do perfil de cloretos) - MLLS para k e keq aos 9,5 anos.

Profund. (mm)	Cx	Cxmédio	Profund. (mm)	Cx	Cxmédio	Profund. (mm)	Cx	Cxmédio	Profund. (mm)	Cx	Cxmédio
9,6	0,346508	0,034608	12	0,326219	0,032580	14,4	0,306309	0,030590	16,8	0,286844	0,028644
9,7	0,345656	0,034523	12,1	0,325381	0,032496	14,5	0,305488	0,030508	16,9	0,286044	0,028564
9,8	0,344805	0,034438	12,2	0,324544	0,032413	14,6	0,304669	0,030426	17	0,285244	0,028485
9,9	0,343954	0,034353	12,3	0,323708	0,032329	14,7	0,30385	0,030344	17,1	0,284446	0,028405
10	0,343103	0,034268	12,4	0,322872	0,032245	14,8	0,303032	0,030262	17,2	0,283648	0,028325
10,1	0,342253	0,034183	12,5	0,322037	0,032162	14,9	0,302215	0,030181	17,3	0,282851	0,028245
10,2	0,341404	0,034098	12,6	0,321203	0,032079	15	0,301398	0,030099	17,4	0,282055	0,028166
10,3	0,340555	0,034013	12,7	0,320369	0,031995	15,1	0,300583	0,030018	17,5	0,28126	0,028086
10,4	0,339707	0,033928	12,8	0,319536	0,031912	15,2	0,299768	0,029936	17,6	0,280466	0,028007
10,5	0,33886	0,033844	12,9	0,318704	0,031829	15,3	0,298954	0,029855	17,7	0,279673	0,027928
10,6	0,338013	0,033759	13	0,317873	0,031746	15,4	0,298141	0,029773	17,8	0,278881	0,027849
10,7	0,337166	0,033674	13,1	0,317042	0,031663	15,5	0,297328	0,029692	17,9	0,278089	0,027769
10,8	0,33632	0,033590	13,2	0,316212	0,031580	15,6	0,296517	0,029611	18	0,277299	0,027690
10,9	0,335475	0,033505	13,3	0,315383	0,031497	15,7	0,295706	0,029530	18,1	0,276509	0,027612
11	0,334631	0,033421	13,4	0,314554	0,031414	15,8	0,294896	0,029449	18,2	0,275721	0,027533
11,1	0,333787	0,033336	13,5	0,313726	0,031331	15,9	0,294087	0,029368	18,3	0,274933	0,027454
11,2	0,332943	0,033252	13,6	0,312899	0,031249	16	0,293279	0,029288	18,4	0,274147	0,027375
11,3	0,3321	0,033168	13,7	0,312073	0,031166	16,1	0,292472	0,029207	18,5	0,273361	0,027297
11,4	0,331258	0,033084	13,8	0,311247	0,031083	16,2	0,291665	0,029126	18,6	0,272576	0,027218
11,5	0,330417	0,033000	13,9	0,310422	0,031001	16,3	0,29086	0,029046	18,7	0,271792	0,027140
11,6	0,329576	0,032916	14	0,309598	0,030919	16,4	0,290055	0,028965	18,8	0,271009	0,027062
11,7	0,328736	0,032832	14,1	0,308774	0,030836	16,5	0,289251	0,028885	18,9	0,270228	0,026984
11,8	0,327896	0,032748	14,2	0,307952	0,030754	16,6	0,288448	0,028805	19	0,269447	0,026906
11,9	0,327057	0,032664	14,3	0,30713	0,030672	16,7	0,287646	0,028725	19,1	0,268667	0,026828

Tabela B.2 – Estimativa de Mt (área abaixo do perfil de cloretos) - MLLS para k e keq aos 9,5 anos.

Profund. (mm)	Cx	Cxmédio	Profund. (mm)	Cx	Cxmédio	Profund. (mm)	Cx	Cxmédio	Profund. (mm)	Cx	Cxmédio
19,2	0,267888	0,026750	21,6	0,249495	0,024912	24	0,231717	0,023135	26,4	0,214597	0,021425
19,3	0,26711	0,026672	21,7	0,248742	0,024837	24,1	0,23099	0,023063	26,5	0,213899	0,021355
19,4	0,266333	0,026594	21,8	0,247989	0,024761	24,2	0,230264	0,022990	26,6	0,213202	0,021285
19,5	0,265557	0,026517	21,9	0,247238	0,024686	24,3	0,22954	0,022918	26,7	0,212506	0,021216
19,6	0,264782	0,026439	22	0,246488	0,024611	24,4	0,228817	0,022846	26,8	0,211811	0,021146
19,7	0,264008	0,026362	22,1	0,245739	0,024537	24,5	0,228095	0,022773	26,9	0,211117	0,021077
19,8	0,263235	0,026285	22,2	0,244991	0,024462	24,6	0,227374	0,022701	27	0,210425	0,021008
19,9	0,262463	0,026208	22,3	0,244244	0,024387	24,7	0,226654	0,022629	27,1	0,209734	0,020939
20	0,261692	0,026131	22,4	0,243498	0,024313	24,8	0,225935	0,022558	27,2	0,209044	0,020870
20,1	0,260922	0,026054	22,5	0,242754	0,024238	24,9	0,225218	0,022486	27,3	0,208355	0,020801
20,2	0,260153	0,025977	22,6	0,24201	0,024164	25	0,224501	0,022414	27,4	0,207668	0,020732
20,3	0,259385	0,025900	22,7	0,241268	0,024090	25,1	0,223786	0,022343	27,5	0,206981	0,020664
20,4	0,258618	0,025823	22,8	0,240526	0,024016	25,2	0,223072	0,022272	27,6	0,206296	0,020595
20,5	0,257852	0,025747	22,9	0,239786	0,023942	25,3	0,222359	0,022200	27,7	0,205613	0,020527
20,6	0,257087	0,025670	23	0,239047	0,023868	25,4	0,221648	0,022129	27,8	0,20493	0,020459
20,7	0,256323	0,025594	23,1	0,238309	0,023794	25,5	0,220937	0,022058	27,9	0,204249	0,020391
20,8	0,25556	0,025518	23,2	0,237572	0,023720	25,6	0,220228	0,021987	28	0,203569	0,020323
20,9	0,254798	0,025442	23,3	0,236836	0,023647	25,7	0,21952	0,021917	28,1	0,20289	0,020255
21	0,254038	0,025366	23,4	0,236101	0,023573	25,8	0,218813	0,021846	28,2	0,202213	0,020187
21,1	0,253278	0,025290	23,5	0,235368	0,023500	25,9	0,218108	0,021776	28,3	0,201536	0,020120
21,2	0,252519	0,025214	23,6	0,234635	0,023427	26	0,217403	0,021705	28,4	0,200861	0,020052
21,3	0,251762	0,025138	23,7	0,233904	0,023354	26,1	0,2167	0,021635	28,5	0,200188	0,019985
21,4	0,251005	0,025063	23,8	0,233174	0,023281	26,2	0,215998	0,021565	28,6	0,199515	0,019918
21,5	0,25025	0,024987	23,9	0,232445	0,023208	26,3	0,215297	0,021495	28,7	0,198844	0,019851

Tabela B.2 – Estimativa de Mt (área abaixo do perfil de cloretos) - MLLS para k e keq aos 9,5 anos.

Profund. (mm)	Cx	Cxmédio	Profund. (mm)	Cx	Cxmédio	Profund. (mm)	Cx	Cxmédio	Profund. (mm)	Cx	Cxmédio
28,8	0,198174	0,019784	31,2	0,182478	0,018216	33,6	0,167534	0,016723	36	0,153359	0,015307
28,9	0,197505	0,019717	31,3	0,18184	0,018152	33,7	0,166928	0,016663	36,1	0,152785	0,015250
29	0,196838	0,019650	31,4	0,181204	0,018089	33,8	0,166323	0,016602	36,2	0,152213	0,015193
29,1	0,196172	0,019584	31,5	0,180569	0,018025	33,9	0,16572	0,016542	36,3	0,151642	0,015136
29,2	0,195507	0,019517	31,6	0,179935	0,017962	34	0,165118	0,016482	36,4	0,151072	0,015079
29,3	0,194843	0,019451	31,7	0,179302	0,017899	34,1	0,164517	0,016422	36,5	0,150504	0,015022
29,4	0,194181	0,019385	31,8	0,178671	0,017836	34,2	0,163917	0,016362	36,6	0,149937	0,014965
29,5	0,19352	0,019319	31,9	0,178041	0,017773	34,3	0,163319	0,016302	36,7	0,149371	0,014909
29,6	0,19286	0,019253	32	0,177412	0,017710	34,4	0,162723	0,016243	36,8	0,148807	0,014853
29,7	0,192201	0,019187	32,1	0,176785	0,017647	34,5	0,162127	0,016183	36,9	0,148244	0,014796
29,8	0,191544	0,019122	32,2	0,176159	0,017585	34,6	0,161533	0,016124	37	0,147683	0,014740
29,9	0,190888	0,019056	32,3	0,175534	0,017522	34,7	0,160941	0,016065	37,1	0,147123	0,014684
30	0,190233	0,018991	32,4	0,174911	0,017460	34,8	0,160349	0,016005	37,2	0,146564	0,014629
30,1	0,18958	0,018925	32,5	0,174289	0,017398	34,9	0,159759	0,015947	37,3	0,146006	0,014573
30,2	0,188928	0,018860	32,6	0,173668	0,017336	35	0,159171	0,015888	37,4	0,14545	0,014517
30,3	0,188277	0,018795	32,7	0,173049	0,017274	35,1	0,158584	0,015829	37,5	0,144896	0,014462
30,4	0,187628	0,018730	32,8	0,172431	0,017212	35,2	0,157998	0,015771	37,6	0,144342	0,014407
30,5	0,186979	0,018666	32,9	0,171814	0,017151	35,3	0,157413	0,015712	37,7	0,14379	0,014351
30,6	0,186332	0,018601	33	0,171198	0,017089	35,4	0,15683	0,015654	37,8	0,14324	0,014296
30,7	0,185687	0,018536	33,1	0,170584	0,017028	35,5	0,156248	0,015596	37,9	0,14269	0,014242
30,8	0,185042	0,018472	33,2	0,169972	0,016967	35,6	0,155667	0,015538	38	0,142142	0,014187
30,9	0,184399	0,018408	33,3	0,16936	0,016906	35,7	0,155088	0,015480	38,1	0,141596	0,014132
31	0,183758	0,018344	33,4	0,16875	0,016845	35,8	0,154511	0,015422	38,2	0,141051	0,014078
31,1	0,183117	0,018280	33,5	0,168141	0,016784	35,9	0,153934	0,015365	38,3	0,140507	0,014024

Tabela B.2 – Estimativa de Mt (área abaixo do perfil de cloretos) - MLLS para k e keq aos 9,5 anos.

Profund. (mm)	Cx	Cxmédio	Profund. (mm)	Cx	Cxmédio	Profund. (mm)	Cx	Cxmédio	Profund. (mm)	Cx	Cxmédio
38,4	0,139964	0,013969	40,8	0,127355	0,012710	43,2	0,11553	0,011529	45,6	0,104481	0,010426
38,5	0,139423	0,013915	40,9	0,126847	0,012659	43,3	0,115054	0,011482	45,7	0,104037	0,010382
38,6	0,138884	0,013861	41	0,12634	0,012609	43,4	0,114579	0,011434	45,8	0,103595	0,010337
38,7	0,138345	0,013808	41,1	0,125834	0,012558	43,5	0,114106	0,011387	45,9	0,103154	0,010293
38,8	0,137808	0,013754	41,2	0,12533	0,012508	43,6	0,113634	0,011340	46	0,102714	0,010249
38,9	0,137273	0,013701	41,3	0,124827	0,012458	43,7	0,113164	0,011293	46,1	0,102276	0,010206
39	0,136738	0,013647	41,4	0,124325	0,012408	43,8	0,112695	0,011246	46,2	0,101839	0,010162
39,1	0,136206	0,013594	41,5	0,123825	0,012358	43,9	0,112227	0,011199	46,3	0,101403	0,010119
39,2	0,135674	0,013541	41,6	0,123326	0,012308	44	0,111761	0,011153	46,4	0,100969	0,010075
39,3	0,135144	0,013488	41,7	0,122829	0,012258	44,1	0,111296	0,011106	46,5	0,100535	0,010032
39,4	0,134615	0,013435	41,8	0,122333	0,012209	44,2	0,110832	0,011060	46,6	0,100104	0,009989
39,5	0,134088	0,013382	41,9	0,121838	0,012159	44,3	0,11037	0,011014	46,7	0,099673	0,009946
39,6	0,133562	0,013330	42	0,121345	0,012110	44,4	0,109909	0,010968	46,8	0,099244	0,009903
39,7	0,133037	0,013278	42,1	0,120853	0,012061	44,5	0,109449	0,010922	46,9	0,098816	0,009860
39,8	0,132514	0,013225	42,2	0,120362	0,012012	44,6	0,108991	0,010876	47	0,09839	0,009818
39,9	0,131992	0,013173	42,3	0,119873	0,011963	44,7	0,108534	0,010831	47,1	0,097965	0,009775
40	0,131471	0,013121	42,4	0,119385	0,011914	44,8	0,108078	0,010785	47,2	0,097541	0,009733
40,1	0,130952	0,013069	42,5	0,118898	0,011866	44,9	0,107624	0,010740	47,3	0,097118	0,009691
40,2	0,130434	0,013018	42,6	0,118413	0,011817	45	0,107171	0,010694	47,4	0,096697	0,009649
40,3	0,129917	0,012966	42,7	0,117929	0,011769	45,1	0,106719	0,010649	47,5	0,096277	0,009607
40,4	0,129402	0,012915	42,8	0,117446	0,011721	45,2	0,106269	0,010604	47,6	0,095858	0,009565
40,5	0,128888	0,012863	42,9	0,116965	0,011673	45,3	0,10582	0,010560	47,7	0,095441	0,009523
40,6	0,128376	0,012812	43	0,116485	0,011625	45,4	0,105372	0,010515	47,8	0,095025	0,009482
40,7	0,127865	0,012761	43,1	0,116007	0,011577	45,5	0,104926	0,010470	47,9	0,09461	0,009440

Tabela B.2 – Estimativa de Mt (área abaixo do perfil de cloretos) - MLLS para k e keq aos 9,5 anos.

Profund. (mm)	Cx	Cxmédio	Profund. (mm)	Cx	Cxmédio	Profund. (mm)	Cx	Cxmédio	Profund. (mm)	Cx	Cxmédio
48	0,094197	0,009399	50,4	0,084661	0,008447	52,8	0,075851	0,007568	55,2	0,067744	0,006758
48,1	0,093785	0,009358	50,5	0,084279	0,008409	52,9	0,0755	0,007532	55,3	0,067421	0,006726
48,2	0,093374	0,009317	50,6	0,083899	0,008371	53	0,075149	0,007497	55,4	0,067099	0,006694
48,3	0,092964	0,009276	50,7	0,08352	0,008333	53,1	0,0748	0,007463	55,5	0,066779	0,006662
48,4	0,092556	0,009235	50,8	0,083143	0,008295	53,2	0,074452	0,007428	55,6	0,066459	0,006630
48,5	0,092149	0,009195	50,9	0,082766	0,008258	53,3	0,074105	0,007393	55,7	0,066141	0,006598
48,6	0,091743	0,009154	51	0,082391	0,008220	53,4	0,07376	0,007359	55,8	0,065824	0,006567
48,7	0,091339	0,009114	51,1	0,082017	0,008183	53,5	0,073415	0,007324	55,9	0,065508	0,006535
48,8	0,090936	0,009073	51,2	0,081645	0,008146	53,6	0,073072	0,007290	56	0,065193	0,006504
48,9	0,090534	0,009033	51,3	0,081273	0,008109	53,7	0,07273	0,007256	56,1	0,064879	0,006472
49	0,090134	0,008993	51,4	0,080903	0,008072	53,8	0,072389	0,007222	56,2	0,064567	0,006441
49,1	0,089734	0,008954	51,5	0,080534	0,008035	53,9	0,07205	0,007188	56,3	0,064255	0,006410
49,2	0,089336	0,008914	51,6	0,080167	0,007998	54	0,071712	0,007154	56,4	0,063945	0,006379
49,3	0,08894	0,008874	51,7	0,0798	0,007962	54,1	0,071374	0,007121	56,5	0,063636	0,006348
49,4	0,088544	0,008835	51,8	0,079435	0,007925	54,2	0,071038	0,007087	56,6	0,063328	0,006317
49,5	0,08815	0,008795	51,9	0,079071	0,007889	54,3	0,070704	0,007054	56,7	0,063021	0,006287
49,6	0,087757	0,008756	52	0,078708	0,007853	54,4	0,07037	0,007020	56,8	0,062716	0,006256
49,7	0,087366	0,008717	52,1	0,078347	0,007817	54,5	0,070038	0,006987	56,9	0,062411	0,006226
49,8	0,086976	0,008678	52,2	0,077987	0,007781	54,6	0,069706	0,006954	57	0,062108	0,006196
49,9	0,086587	0,008639	52,3	0,077628	0,007745	54,7	0,069376	0,006921	57,1	0,061805	0,006165
50	0,086199	0,008601	52,4	0,07727	0,007709	54,8	0,069048	0,006888	57,2	0,061504	0,006135
50,1	0,085812	0,008562	52,5	0,076913	0,007674	54,9	0,06872	0,006856	57,3	0,061204	0,006105
50,2	0,085427	0,008524	52,6	0,076558	0,007638	55	0,068393	0,006823	57,4	0,060905	0,006076
50,3	0,085043	0,008485	52,7	0,076204	0,007603	55,1	0,068068	0,006791	57,5	0,060608	0,006046

Tabela B.2 – Estimativa de Mt (área abaixo do perfil de cloretos) - MLLS para k e keq aos 9,5 anos.

Profund. (mm)	Cx	Cxmédio	Profund. (mm)	Cx	Cxmédio	Profund. (mm)	Cx	Cxmédio	Profund. (mm)	Cx	Cxmédio
57,6	0,060311	0,006016	60	0,053522	0,005339	62,4	0,047344	0,004722	64,8	0,041744	0,004163
57,7	0,060015	0,005987	60,1	0,053252	0,005312	62,5	0,047099	0,004698	64,9	0,041522	0,004141
57,8	0,059721	0,005957	60,2	0,052984	0,005285	62,6	0,046856	0,004673	65	0,041302	0,004119
57,9	0,059428	0,005928	60,3	0,052717	0,005258	62,7	0,046613	0,004649	65,1	0,041083	0,004097
58	0,059136	0,005899	60,4	0,052451	0,005232	62,8	0,046371	0,004625	65,2	0,040864	0,004076
58,1	0,058844	0,005870	60,5	0,052185	0,005205	62,9	0,046131	0,004601	65,3	0,040647	0,004054
58,2	0,058555	0,005841	60,6	0,051921	0,005179	63	0,045891	0,004577	65,4	0,04043	0,004032
58,3	0,058266	0,005812	60,7	0,051658	0,005153	63,1	0,045652	0,004553	65,5	0,040214	0,004011
58,4	0,057978	0,005783	60,8	0,051396	0,005127	63,2	0,045415	0,004530	65,6	0,039999	0,003989
58,5	0,057691	0,005755	60,9	0,051135	0,005101	63,3	0,045178	0,004506	65,7	0,039785	0,003968
58,6	0,057406	0,005726	61	0,050875	0,005075	63,4	0,044942	0,004482	65,8	0,039573	0,003947
58,7	0,057121	0,005698	61,1	0,050616	0,005049	63,5	0,044708	0,004459	65,9	0,03936	0,003925
58,8	0,056838	0,005670	61,2	0,050359	0,005023	63,6	0,044474	0,004436	66	0,039149	0,003904
58,9	0,056556	0,005641	61,3	0,050102	0,004997	63,7	0,044241	0,004413	66,1	0,038939	0,003883
59	0,056274	0,005613	61,4	0,049846	0,004972	63,8	0,044009	0,004389	66,2	0,03873	0,003863
59,1	0,055994	0,005585	61,5	0,049591	0,004946	63,9	0,043778	0,004366	66,3	0,038521	0,003842
59,2	0,055715	0,005558	61,6	0,049337	0,004921	64	0,043548	0,004343	66,4	0,038314	0,003821
59,3	0,055437	0,005530	61,7	0,049085	0,004896	64,1	0,04332	0,004321	66,5	0,038107	0,003800
59,4	0,05516	0,005502	61,8	0,048833	0,004871	64,2	0,043092	0,004298	66,6	0,037902	0,003780
59,5	0,054885	0,005475	61,9	0,048582	0,004846	64,3	0,042865	0,004275	66,7	0,037697	0,003759
59,6	0,05461	0,005447	62	0,048333	0,004821	64,4	0,042638	0,004253	66,8	0,037493	0,003739
59,7	0,054336	0,005420	62,1	0,048084	0,004796	64,5	0,042413	0,004230	66,9	0,03729	0,003719
59,8	0,054064	0,005393	62,2	0,047836	0,004771	64,6	0,042189	0,004208	67	0,037088	0,003699
59,9	0,053792	0,005366	62,3	0,04759	0,004747	64,7	0,041966	0,004185	67,1	0,036887	0,003679

Tabela B.2 – Estimativa de Mt (área abaixo do perfil de cloretos) - MLLS para k e keq aos 9,5 anos.

Profund. (mm)	Cx	Cxmédio	Profund. (mm)	Cx	Cxmédio	Profund. (mm)	Cx	Cxmédio	Profund. (mm)	Cx	Cxmédio
67,2	0,036686	0,003659	69,6	0,032136	0,003205	72	0,028058	0,002798	74,4	0,024416	0,002434
67,3	0,036487	0,003639	69,7	0,031957	0,003187	72,1	0,027897	0,002782	74,5	0,024273	0,002420
67,4	0,036288	0,003619	69,8	0,031779	0,003169	72,2	0,027738	0,002766	74,6	0,024131	0,002406
67,5	0,03609	0,003599	69,9	0,031601	0,003151	72,3	0,027579	0,002750	74,7	0,02399	0,002392
67,6	0,035894	0,003580	70	0,031424	0,003134	72,4	0,027421	0,002734	74,8	0,023849	0,002378
67,7	0,035698	0,003560	70,1	0,031249	0,003116	72,5	0,027264	0,002719	74,9	0,023709	0,002364
67,8	0,035503	0,003541	70,2	0,031074	0,003099	72,6	0,027108	0,002703	75	0,02357	0,002350
67,9	0,035308	0,003521	70,3	0,030899	0,003081	72,7	0,026952	0,002687	75,1	0,023431	0,002336
68	0,035115	0,003502	70,4	0,030726	0,003064	72,8	0,026797	0,002672	75,2	0,023293	0,002322
68,1	0,034922	0,003483	70,5	0,030553	0,003047	72,9	0,026643	0,002657	75,3	0,023156	0,002309
68,2	0,034731	0,003464	70,6	0,030381	0,003030	73	0,026489	0,002641	75,4	0,023019	0,002295
68,3	0,03454	0,003444	70,7	0,03021	0,003013	73,1	0,026336	0,002626	75,5	0,022883	0,002282
68,4	0,03435	0,003426	70,8	0,03004	0,002996	73,2	0,026184	0,002611	75,6	0,022748	0,002268
68,5	0,034161	0,003407	70,9	0,029871	0,002979	73,3	0,026033	0,002596	75,7	0,022613	0,002255
68,6	0,033973	0,003388	71	0,029702	0,002962	73,4	0,025883	0,002581	75,8	0,02248	0,002241
68,7	0,033785	0,003369	71,1	0,029534	0,002945	73,5	0,025733	0,002566	75,9	0,022346	0,002228
68,8	0,033599	0,003351	71,2	0,029367	0,002928	73,6	0,025583	0,002551	76	0,022214	0,002215
68,9	0,033413	0,003332	71,3	0,029201	0,002912	73,7	0,025435	0,002536	76,1	0,022082	0,002202
69	0,033228	0,003314	71,4	0,029035	0,002895	73,8	0,025287	0,002521	76,2	0,021951	0,002189
69,1	0,033044	0,003295	71,5	0,02887	0,002879	73,9	0,02514	0,002507	76,3	0,02182	0,002175
69,2	0,032861	0,003277	71,6	0,028706	0,002862	74	0,024994	0,002492	76,4	0,02169	0,002163
69,3	0,032678	0,003259	71,7	0,028543	0,002846	74,1	0,024848	0,002478	76,5	0,021561	0,002150
69,4	0,032497	0,003241	71,8	0,02838	0,002830	74,2	0,024704	0,002463	76,6	0,021432	0,002137
69,5	0,032316	0,003223	71,9	0,028219	0,002814	74,3	0,024559	0,002449	76,7	0,021304	0,002124

Tabela B.2 – Estimativa de Mt (área abaixo do perfil de cloretos) - MLLS para k e keq aos 9,5 anos.

Profund. (mm)	Cx	Cxmédio	Profund. (mm)	Cx	Cxmédio	Profund. (mm)	Cx	Cxmédio	Profund. (mm)	Cx	Cxmédio
76,8	0,021176	0,002111	79,2	0,018306	0,001825	81,6	0,015771	0,001572	84	0,013542	0,001350
76,9	0,02105	0,002099	79,3	0,018194	0,001814	81,7	0,015672	0,001562	84,1	0,013455	0,001341
77	0,020924	0,002086	79,4	0,018082	0,001803	81,8	0,015574	0,001553	84,2	0,013369	0,001333
77,1	0,020798	0,002074	79,5	0,017971	0,001792	81,9	0,015476	0,001543	84,3	0,013283	0,001324
77,2	0,020673	0,002061	79,6	0,017861	0,001781	82	0,015379	0,001533	84,4	0,013198	0,001316
77,3	0,020549	0,002049	79,7	0,017751	0,001770	82,1	0,015282	0,001523	84,5	0,013113	0,001307
77,4	0,020425	0,002036	79,8	0,017642	0,001759	82,2	0,015186	0,001514	84,6	0,013029	0,001299
77,5	0,020303	0,002024	79,9	0,017533	0,001748	82,3	0,015091	0,001504	84,7	0,012945	0,001290
77,6	0,02018	0,002012	80	0,017425	0,001737	82,4	0,014995	0,001495	84,8	0,012861	0,001282
77,7	0,020058	0,002000	80,1	0,017317	0,001726	82,5	0,014901	0,001485	84,9	0,012778	0,001274
77,8	0,019937	0,001988	80,2	0,01721	0,001716	82,6	0,014807	0,001476	85	0,012696	0,001265
77,9	0,019817	0,001976	80,3	0,017104	0,001705	82,7	0,014713	0,001467	85,1	0,012614	0,001257
78	0,019697	0,001964	80,4	0,016998	0,001695	82,8	0,01462	0,001457	85,2	0,012532	0,001249
78,1	0,019578	0,001952	80,5	0,016893	0,001684	82,9	0,014527	0,001448	85,3	0,012451	0,001241
78,2	0,019459	0,001940	80,6	0,016788	0,001674	83	0,014435	0,001439	85,4	0,012371	0,001233
78,3	0,019341	0,001928	80,7	0,016684	0,001663	83,1	0,014344	0,001430	85,5	0,01229	0,001225
78,4	0,019224	0,001917	80,8	0,01658	0,001653	83,2	0,014253	0,001421	85,6	0,012211	0,001217
78,5	0,019107	0,001905	80,9	0,016477	0,001643	83,3	0,014162	0,001412	85,7	0,012131	0,001209
78,6	0,018991	0,001893	81	0,016375	0,001632	83,4	0,014072	0,001403	85,8	0,012052	0,001201
78,7	0,018875	0,001882	81,1	0,016273	0,001622	83,5	0,013982	0,001394	85,9	0,011974	0,001193
78,8	0,01876	0,001870	81,2	0,016171	0,001612	83,6	0,013893	0,001385	86	0,011896	0,001186
78,9	0,018645	0,001859	81,3	0,016071	0,001602	83,7	0,013805	0,001376	86,1	0,011818	0,001178
79	0,018532	0,001847	81,4	0,01597	0,001592	83,8	0,013717	0,001367	86,2	0,011741	0,001170
79,1	0,018418	0,001836	81,5	0,01587	0,001582	83,9	0,013629	0,001359	86,3	0,011665	0,001163

Tabela B.2 – Estimativa de Mt (área abaixo do perfil de cloretos) - MLLS para k e keq aos 9,5 anos.

Profund. (mm)	Cx	Cxmédio	Profund. (mm)	Cx	Cxmédio	Profund. (mm)	Cx	Cxmédio	Profund. (mm)	Cx	Cxmédio
86,4	0,011588	0,001155	88,8	0,009883	0,000985	91,2	0,0084	0,000837	93,6	0,007116	0,000709
86,5	0,011513	0,001147	88,9	0,009817	0,000978	91,3	0,008343	0,000831	93,7	0,007066	0,000704
86,6	0,011437	0,001140	89	0,009751	0,000972	91,4	0,008286	0,000826	93,8	0,007017	0,000699
86,7	0,011362	0,001132	89,1	0,009686	0,000965	91,5	0,008229	0,000820	93,9	0,006968	0,000694
86,8	0,011288	0,001125	89,2	0,009621	0,000959	91,6	0,008173	0,000815	94	0,006919	0,000689
86,9	0,011214	0,001118	89,3	0,009557	0,000952	91,7	0,008117	0,000809	94,1	0,006871	0,000685
87	0,01114	0,001110	89,4	0,009493	0,000946	91,8	0,008061	0,000803	94,2	0,006823	0,000680
87,1	0,011067	0,001103	89,5	0,009429	0,000940	91,9	0,008006	0,000798	94,3	0,006775	0,000675
87,2	0,010994	0,001096	89,6	0,009365	0,000933	92	0,007951	0,000792	94,4	0,006728	0,000670
87,3	0,010921	0,001089	89,7	0,009302	0,000927	92,1	0,007897	0,000787	94,5	0,00668	0,000666
87,4	0,010849	0,001081	89,8	0,00924	0,000921	92,2	0,007842	0,000782	94,6	0,006633	0,000661
87,5	0,010778	0,001074	89,9	0,009177	0,000915	92,3	0,007788	0,000776	94,7	0,006587	0,000656
87,6	0,010706	0,001067	90	0,009116	0,000908	92,4	0,007735	0,000771	94,8	0,006541	0,000652
87,7	0,010636	0,001060	90,1	0,009054	0,000902	92,5	0,007681	0,000765	94,9	0,006495	0,000647
87,8	0,010565	0,001053	90,2	0,008993	0,000896	92,6	0,007628	0,000760	95	0,006449	0,000643
87,9	0,010495	0,001046	90,3	0,008932	0,000890	92,7	0,007576	0,000755	95,1	0,006403	0,000638
88	0,010426	0,001039	90,4	0,008871	0,000884	92,8	0,007523	0,000750	95,2	0,006358	0,000634
88,1	0,010356	0,001032	90,5	0,008811	0,000878	92,9	0,007471	0,000745	95,3	0,006313	0,000629
88,2	0,010288	0,001025	90,6	0,008752	0,000872	93	0,007419	0,000739	95,4	0,006269	0,000625
88,3	0,010219	0,001019	90,7	0,008692	0,000866	93,1	0,007368	0,000734	95,5	0,006224	0,000620
88,4	0,010151	0,001012	90,8	0,008633	0,000860	93,2	0,007317	0,000729	95,6	0,00618	0,000616
88,5	0,010084	0,001005	90,9	0,008574	0,000855	93,3	0,007266	0,000724	95,7	0,006136	0,000611
88,6	0,010016	0,000998	91	0,008516	0,000849	93,4	0,007216	0,000719	95,8	0,006093	0,000607
88,7	0,00995	0,000992	91,1	0,008458	0,000843	93,5	0,007165	0,000714	95,9	0,00605	0,000603

Tabela B.2 – Estimativa de Mt (área abaixo do perfil de cloretos) - MLLS para k e keq aos 9,5 anos.

Profund. (mm)	Cx	Cxmédio	Profund. (mm)	Cx	Cxmédio	Profund. (mm)	Cx	Cxmédio	Profund. (mm)	Cx	Cxmédio
96	0,006007	0,000599	98,4	0,005053	0,000504	100,8	0,004237	0,000422	103,2	0,00354	0,000353
96,1	0,005964	0,000594	98,5	0,005017	0,000500	100,9	0,004205	0,000419	103,3	0,003513	0,000350
96,2	0,005922	0,000590	98,6	0,00498	0,000496	101	0,004174	0,000416	103,4	0,003487	0,000347
96,3	0,00588	0,000586	98,7	0,004944	0,000493	101,1	0,004143	0,000413	103,5	0,00346	0,000345
96,4	0,005838	0,000582	98,8	0,004908	0,000489	101,2	0,004113	0,000410	103,6	0,003434	0,000342
96,5	0,005796	0,000578	98,9	0,004873	0,000485	101,3	0,004082	0,000407	103,7	0,003408	0,000340
96,6	0,005755	0,000573	99	0,004837	0,000482	101,4	0,004052	0,000404	103,8	0,003382	0,000337
96,7	0,005714	0,000569	99,1	0,004802	0,000478	101,5	0,004022	0,000401	103,9	0,003357	0,000334
96,8	0,005673	0,000565	99,2	0,004767	0,000475	101,6	0,003992	0,000398	104	0,003331	0,000332
96,9	0,005632	0,000561	99,3	0,004732	0,000471	101,7	0,003962	0,000395	104,1	0,003306	0,000329
97	0,005592	0,000557	99,4	0,004697	0,000468	101,8	0,003933	0,000392	104,2	0,003281	0,000327
97,1	0,005552	0,000553	99,5	0,004663	0,000465	101,9	0,003903	0,000389	104,3	0,003256	0,000324
97,2	0,005512	0,000549	99,6	0,004629	0,000461	102	0,003874	0,000386	104,4	0,003231	0,000322
97,3	0,005472	0,000545	99,7	0,004595	0,000458	102,1	0,003845	0,000383	104,5	0,003207	0,000319
97,4	0,005433	0,000541	99,8	0,004561	0,000454	102,2	0,003817	0,000380	104,6	0,003182	0,000317
97,5	0,005394	0,000537	99,9	0,004528	0,000451	102,3	0,003788	0,000377	104,7	0,003158	0,000315
97,6	0,005355	0,000534	100	0,004495	0,000448	102,4	0,00376	0,000375	104,8	0,003134	0,000312
97,7	0,005317	0,000530	100,1	0,004462	0,000445	102,5	0,003732	0,000372	104,9	0,00311	0,000310
97,8	0,005278	0,000526	100,2	0,004429	0,000441	102,6	0,003704	0,000369	105	0,003086	0,000307
97,9	0,00524	0,000522	100,3	0,004396	0,000438	102,7	0,003676	0,000366	105,1	0,003063	0,000305
98	0,005202	0,000518	100,4	0,004364	0,000435	102,8	0,003648	0,000363	105,2	0,003039	0,000303
98,1	0,005165	0,000515	100,5	0,004332	0,000432	102,9	0,003621	0,000361	105,3	0,003016	0,000300
98,2	0,005127	0,000511	100,6	0,0043	0,000428	103	0,003594	0,000358	105,4	0,002993	0,000298
98,3	0,00509	0,000507	100,7	0,004268	0,000425	103,1	0,003567	0,000355	105,5	0,00297	0,000296

Tabela B.2 – Estimativa de Mt (área abaixo do perfil de cloretos) - MLLS para k e keq aos 9,5 anos.

Profund. (mm)	Cx	Cxmédio	Profund. (mm)	Cx	Cxmédio	Profund. (mm)	Cx	Cxmédio	Profund. (mm)	Cx	Cxmédio
105,6	0,002947	0,000294	108	0,002445	0,000244	110,4	0,002022	0,000201	112,8	0,001666	0,000166
105,7	0,002925	0,000291	108,1	0,002426	0,000242	110,5	0,002006	0,000200	112,9	0,001652	0,000165
105,8	0,002902	0,000289	108,2	0,002407	0,000240	110,6	0,00199	0,000198	113	0,001639	0,000163
105,9	0,00288	0,000287	108,3	0,002388	0,000238	110,7	0,001974	0,000197	113,1	0,001626	0,000162
106	0,002858	0,000285	108,4	0,00237	0,000236	110,8	0,001958	0,000195	113,2	0,001613	0,000161
106,1	0,002836	0,000282	108,5	0,002351	0,000234	110,9	0,001943	0,000193	113,3	0,001599	0,000159
106,2	0,002814	0,000280	108,6	0,002333	0,000232	111	0,001927	0,000192	113,4	0,001586	0,000158
106,3	0,002792	0,000278	108,7	0,002314	0,000231	111,1	0,001912	0,000190	113,5	0,001573	0,000157
106,4	0,00277	0,000276	108,8	0,002296	0,000229	111,2	0,001896	0,000189	113,6	0,001561	0,000155
106,5	0,002749	0,000274	108,9	0,002278	0,000227	111,3	0,001881	0,000187	113,7	0,001548	0,000154
106,6	0,002728	0,000272	109	0,00226	0,000225	111,4	0,001866	0,000186	113,8	0,001535	0,000153
106,7	0,002707	0,000270	109,1	0,002242	0,000223	111,5	0,001851	0,000184	113,9	0,001523	0,000152
106,8	0,002686	0,000268	109,2	0,002225	0,000222	111,6	0,001836	0,000183	114	0,00151	0,000150
106,9	0,002665	0,000265	109,3	0,002207	0,000220	111,7	0,001821	0,000181	114,1	0,001498	0,000149
107	0,002644	0,000263	109,4	0,00219	0,000218	111,8	0,001807	0,000180	114,2	0,001486	0,000148
107,1	0,002624	0,000261	109,5	0,002172	0,000216	111,9	0,001792	0,000178	114,3	0,001473	0,000147
107,2	0,002603	0,000259	109,6	0,002155	0,000215	112	0,001778	0,000177	114,4	0,001461	0,000146
107,3	0,002583	0,000257	109,7	0,002138	0,000213	112,1	0,001763	0,000176	114,5	0,001449	0,000144
107,4	0,002563	0,000255	109,8	0,002121	0,000211	112,2	0,001749	0,000174	114,6	0,001437	0,000143
107,5	0,002543	0,000253	109,9	0,002104	0,000210	112,3	0,001735	0,000173	114,7	0,001426	0,000142
107,6	0,002523	0,000251	110	0,002088	0,000208	112,4	0,001721	0,000171	114,8	0,001414	0,000141
107,7	0,002504	0,000249	110,1	0,002071	0,000206	112,5	0,001707	0,000170	114,9	0,001402	0,000140
107,8	0,002484	0,000247	110,2	0,002054	0,000205	112,6	0,001693	0,000169	115	0,001391	0,000139
107,9	0,002465	0,000245	110,3	0,002038	0,000203	112,7	0,00168	0,000167	115,1	0,001379	0,000137

Tabela B.2 – Estimativa de Mt (área abaixo do perfil de cloretos) - MLLS para k e keq aos 9,5 anos.

Profund. (mm)	Cx	Cxmédio	Profund. (mm)	Cx	Cxmédio	Profund. (mm)	Cx	Cxmédio	Profund. (mm)	Cx	Cxmédio
115,2	0,001368	0,000136	117,5	0,001129	0,000112						
115,3	0,001357	0,000135	117,6	0,001119	0,000111						
115,4	0,001345	0,000134	117,7	0,00111	0,000111						
115,5	0,001334	0,000133	117,8	0,001101	0,000110						
115,6	0,001323	0,000132	117,9	0,001091	0,000109						
115,7	0,001312	0,000131	118	0,001082	0,000108						
115,8	0,001301	0,000130	118,1	0,001073	0,000107						
115,9	0,001291	0,000129	118,2	0,001064	0,000106						
116	0,00128	0,000127	118,3	0,001055							
116,1	0,001269	0,000126	SOMA = Mt		13,39						
116,2	0,001259	0,000125									
116,3	0,001248	0,000124									
116,4	0,001238	0,000123									
116,5	0,001228	0,000122									
116,6	0,001217	0,000121									
116,7	0,001207	0,000120									
116,8	0,001197	0,000119									
116,9	0,001187	0,000118									
117	0,001177	0,000117									
117,1	0,001167	0,000116									
117,2	0,001158	0,000115									
117,3	0,001148	0,000114									
117,4	0,001138	0,000113									

ANEXO C – Aplicação do modelo que apresentou erro

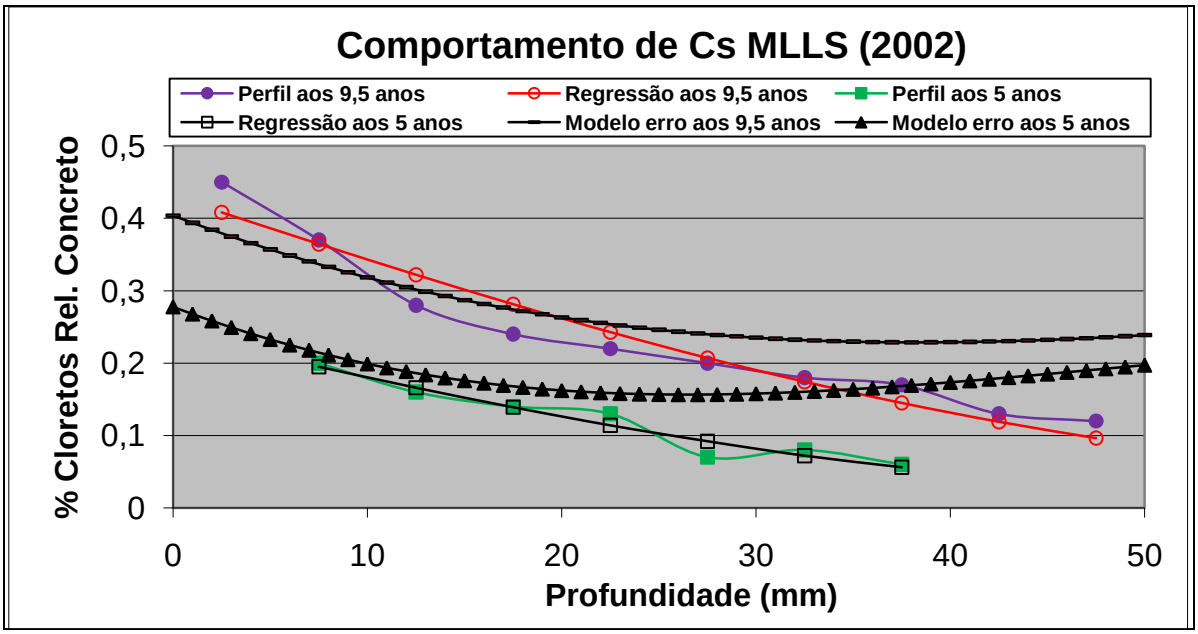


Figura C.1 – Aplicação do modelo com erro para MLLS aos 5 anos

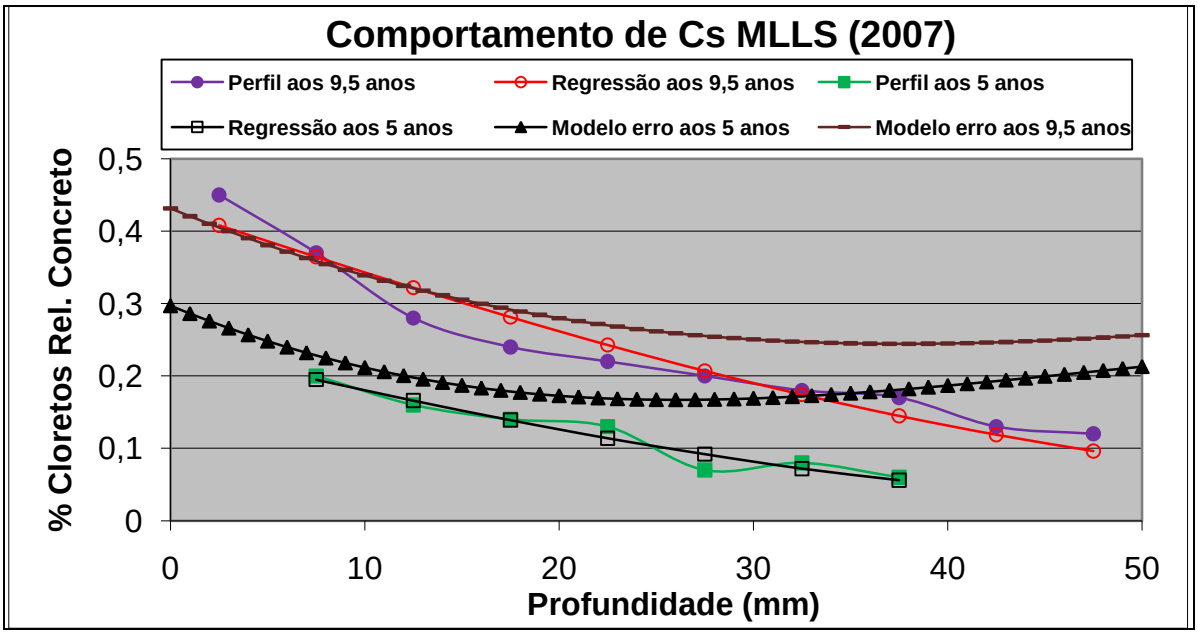


Figura C.2 – Aplicação do modelo com erro para MLLS aos 9,5 anos

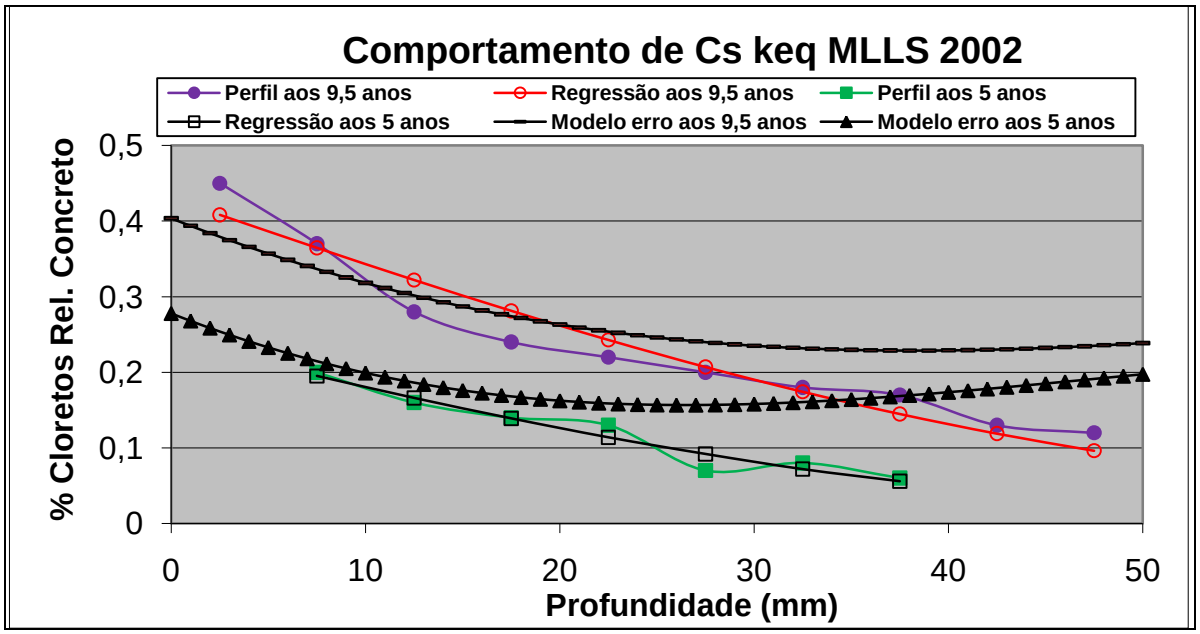


Figura C.3 – Aplicação do modelo com erro para MLLS considerando keq aos 5 anos

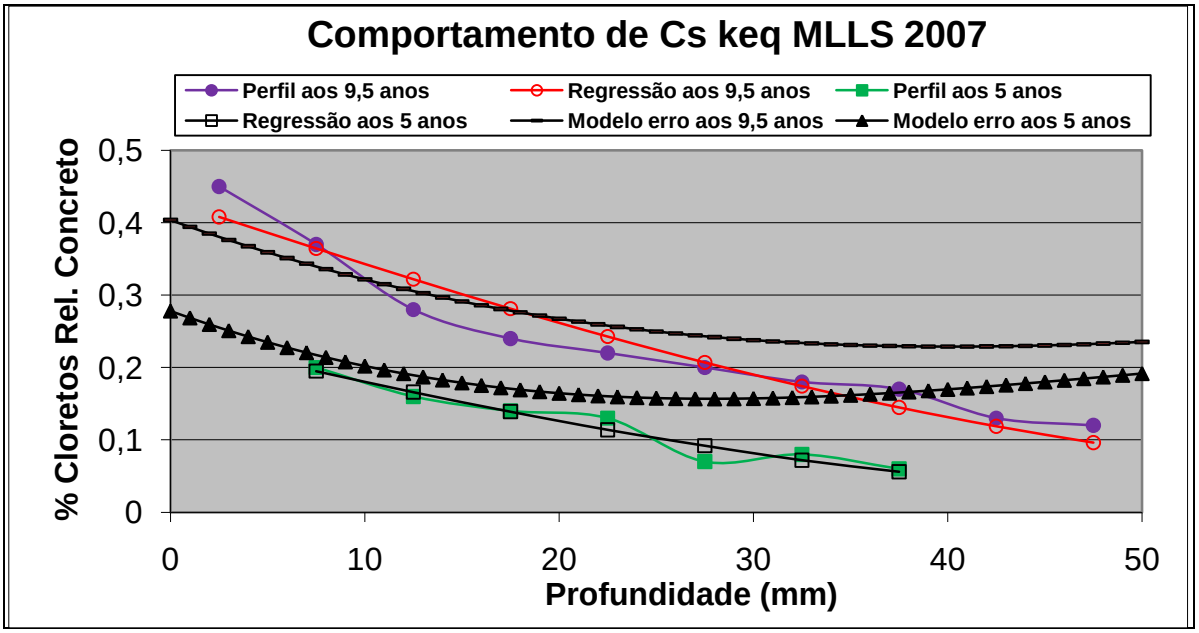


Figura C.4 – Aplicação do modelo com erro para MLLS considerando keq aos 9,5 anos

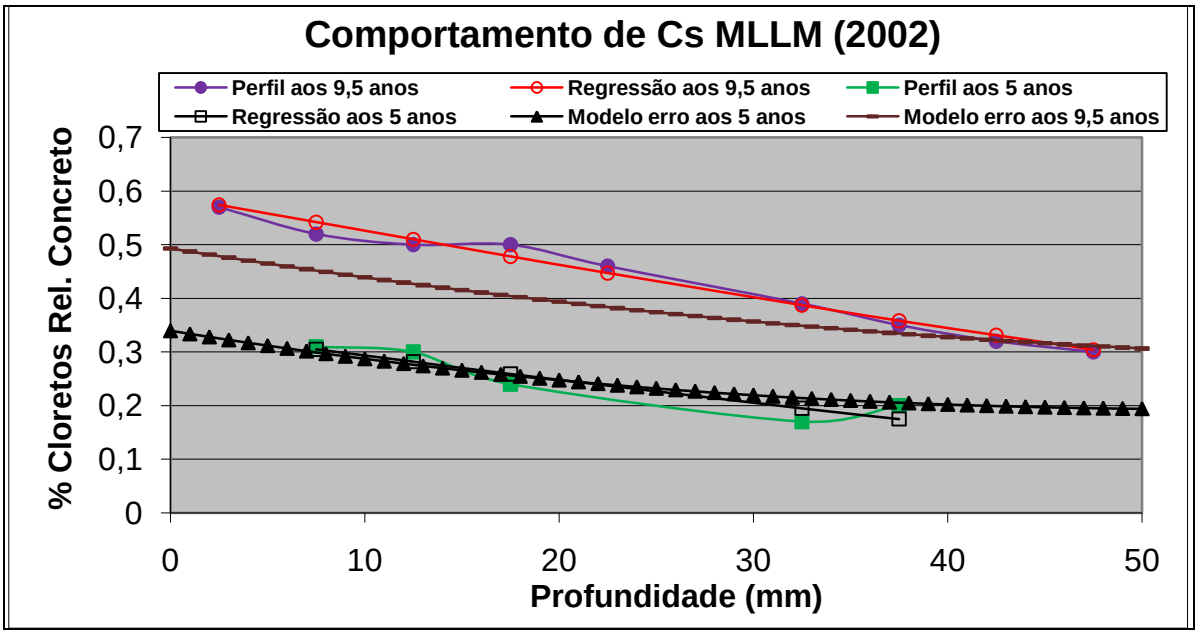


Figura C.5 – Aplicação do modelo com erro para MLLM aos 5 anos

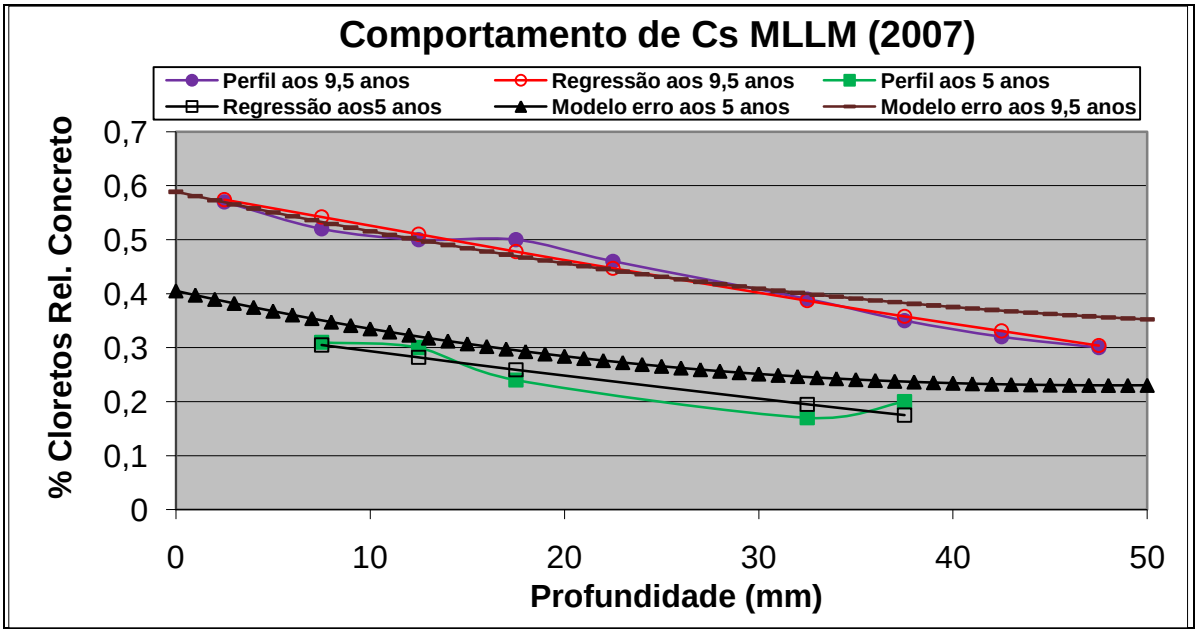


Figura C.6 – Aplicação do modelo com erro para MLLM aos 9,5 anos

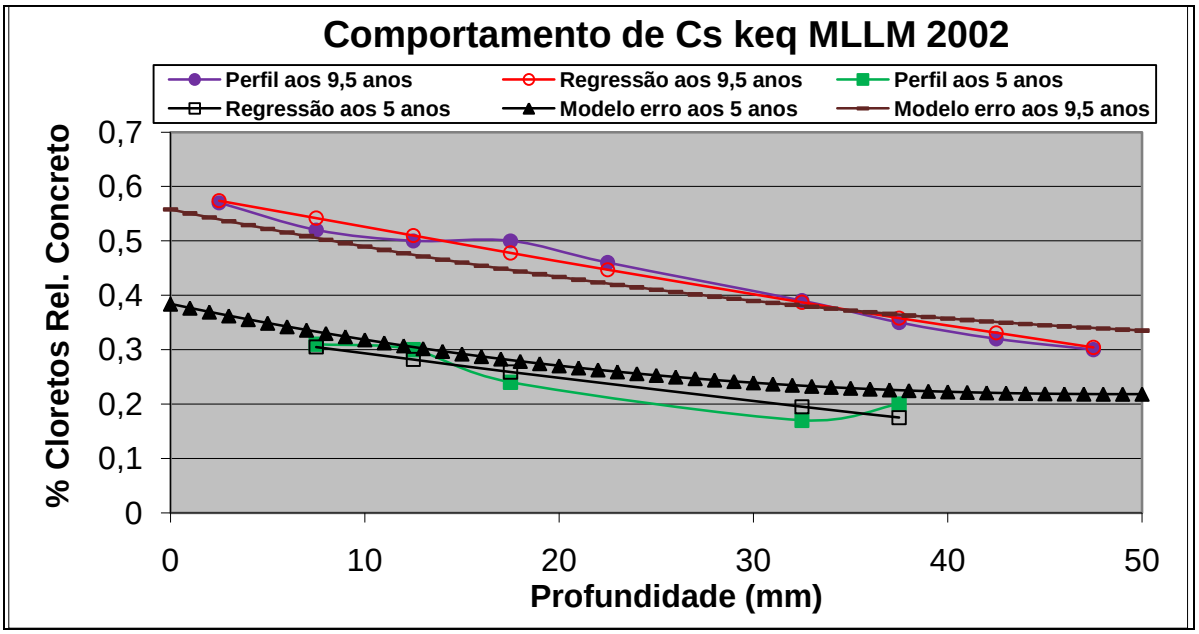


Figura C.7 – Aplicação do modelo com erro para MLLM considerando keq aos 5 anos

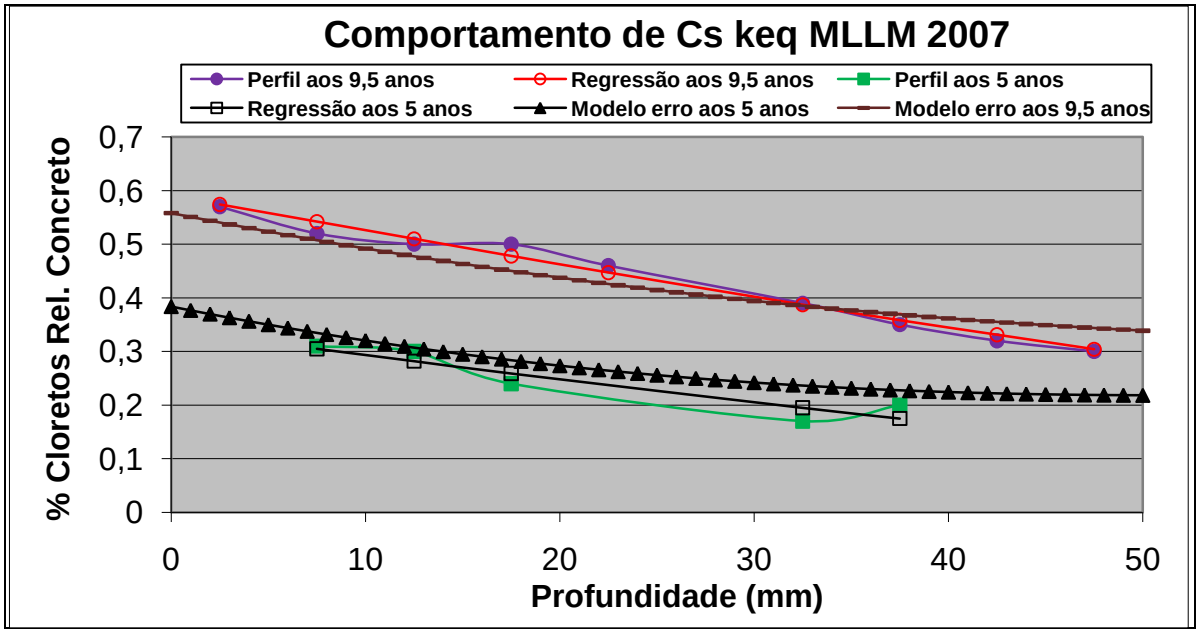


Figura C.8 – Aplicação do modelo com erro para MLLM considerando keq aos 9,5 anos

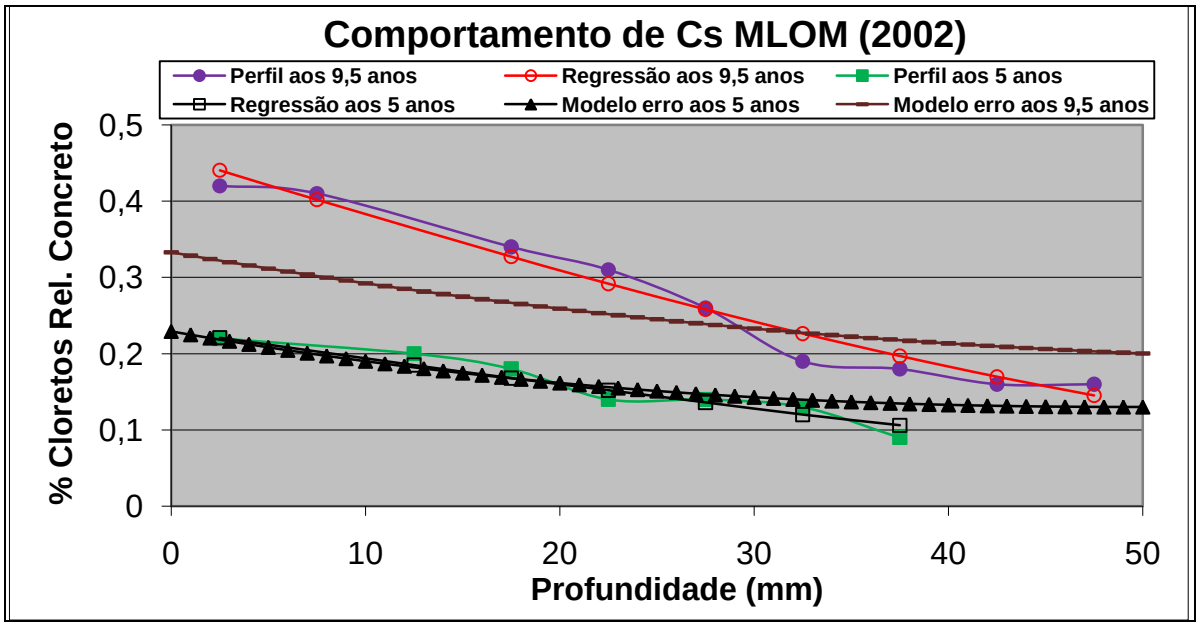


Figura C.9 – Aplicação do modelo com erro para MLOM aos 5 anos

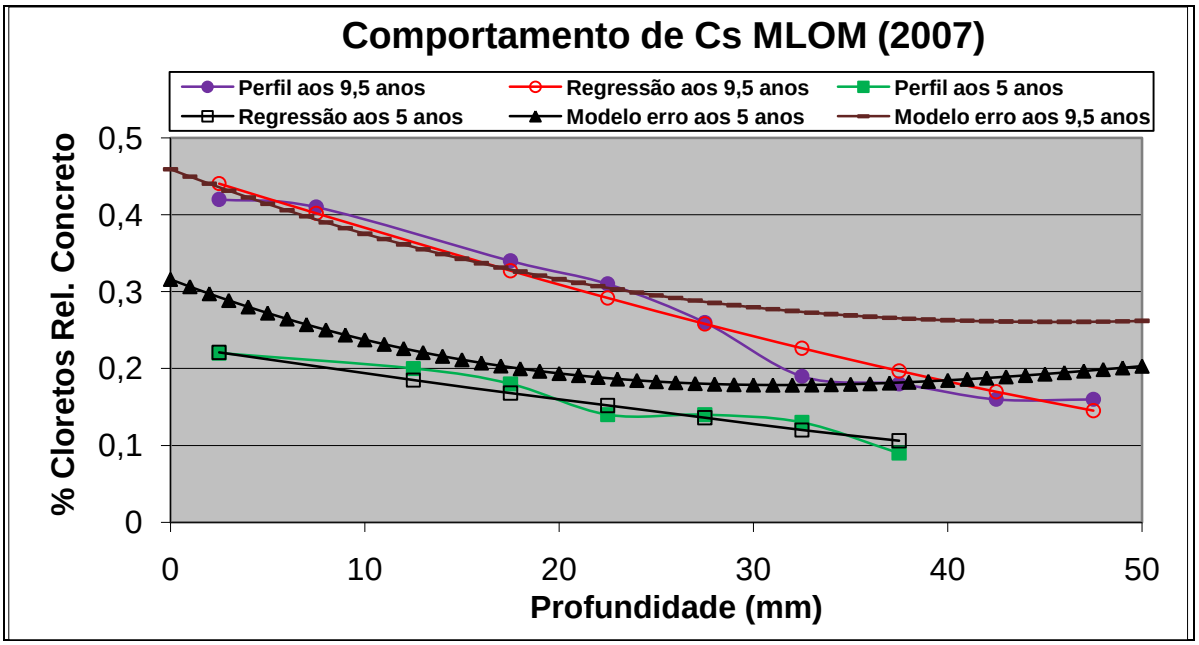


Figura C.10 – Aplicação do modelo com erro para MLOM aos 9,5 anos

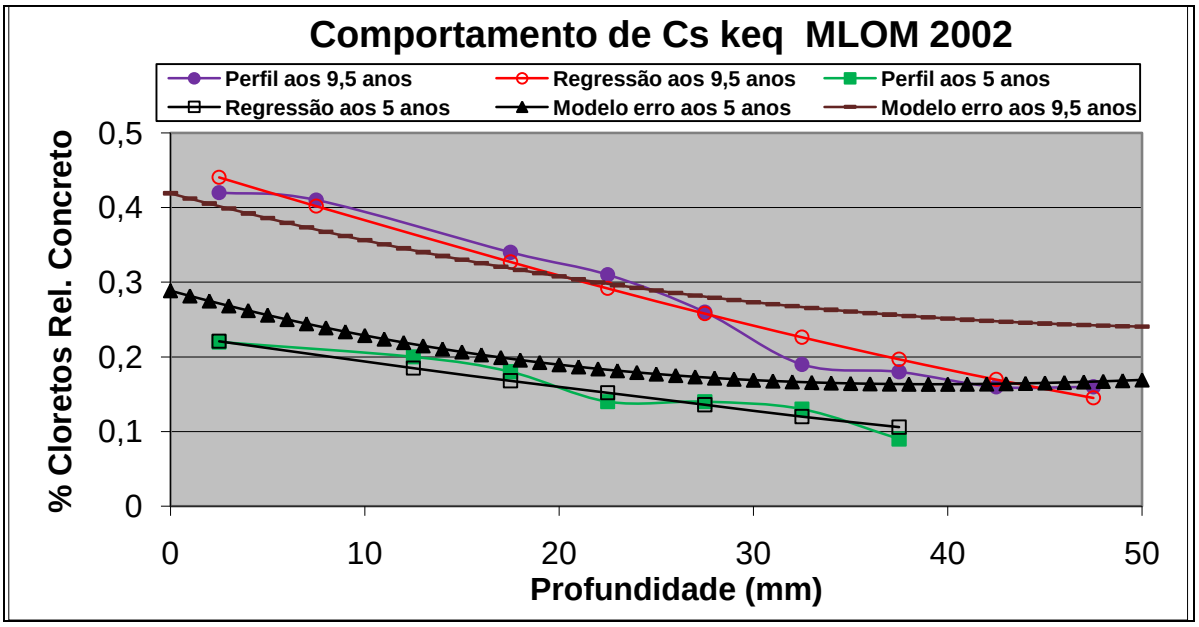


Figura C.11 – Aplicação do modelo com erro para MLOM considerando keq aos 5 anos

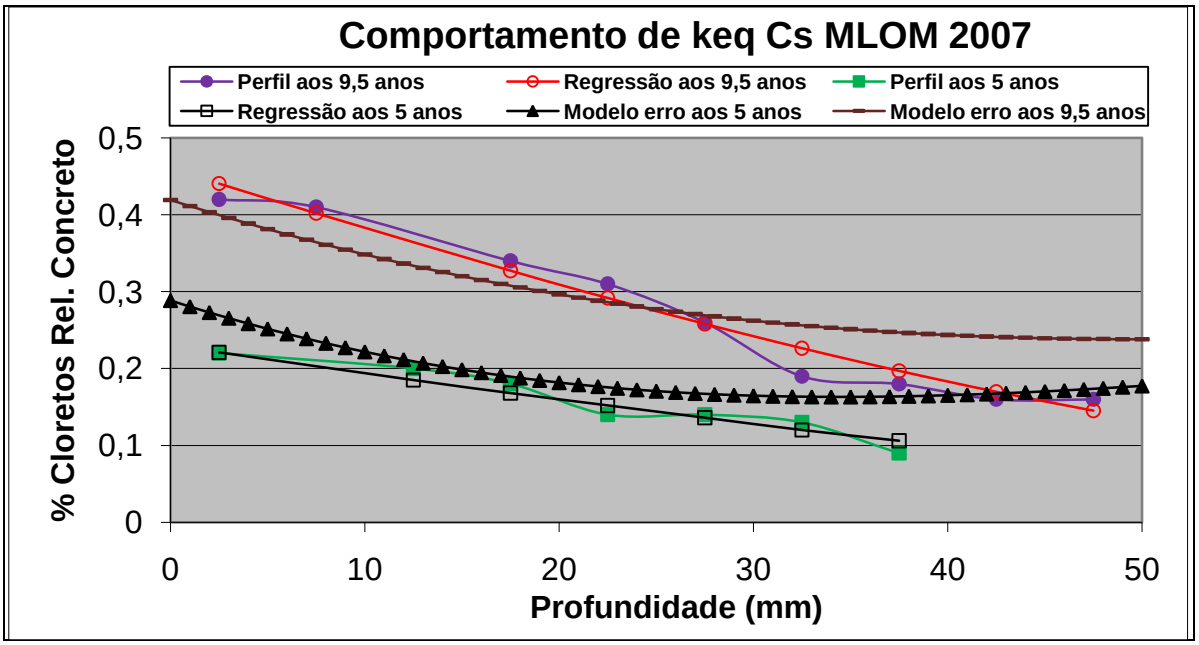


Figura C.12 – Aplicação do modelo com erro para MLOM considerando keq aos 9,5 anos

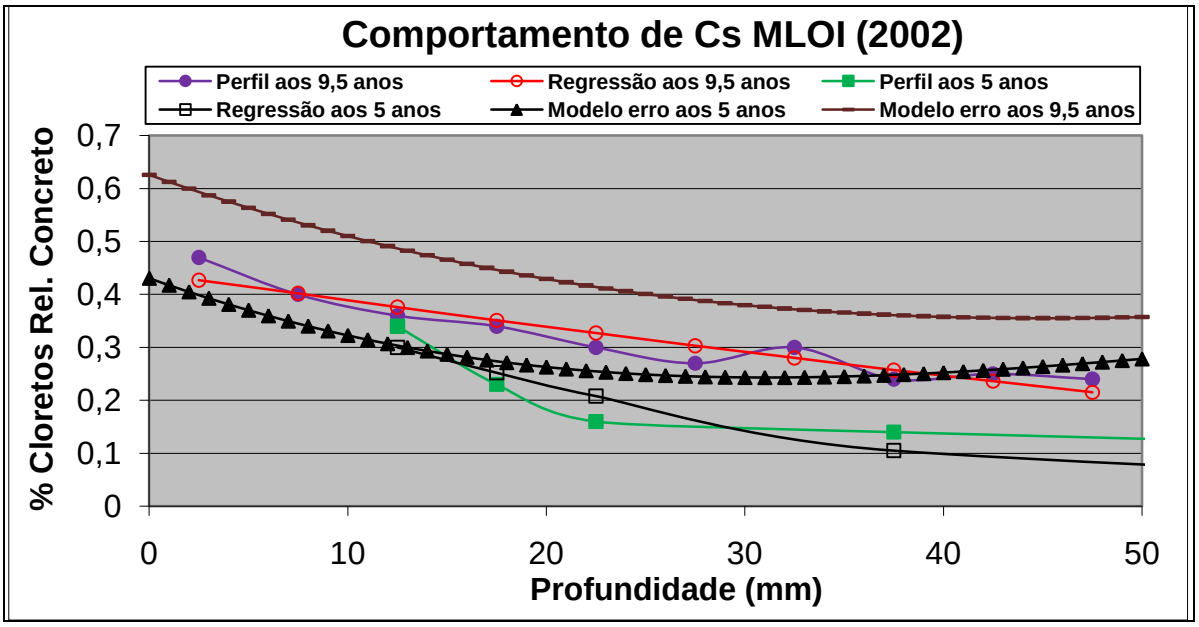


Figura C.13 – Aplicação do modelo com erro para MLOI aos 5 anos

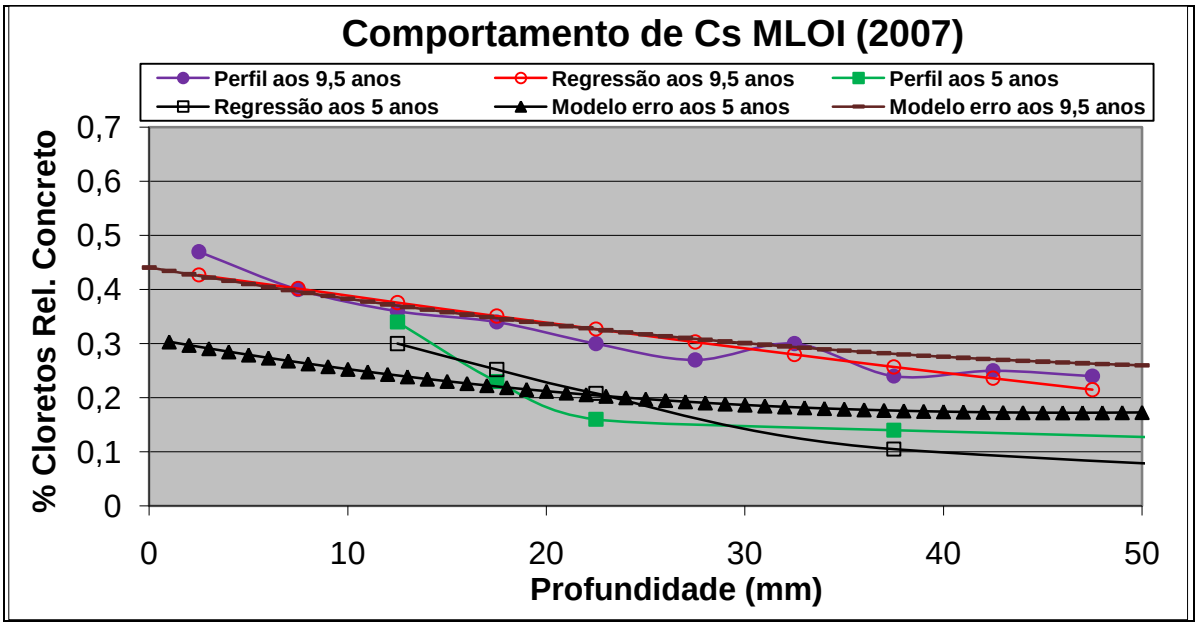


Figura C.14 – Aplicação do modelo com erro para MLOI aos 9,5 anos

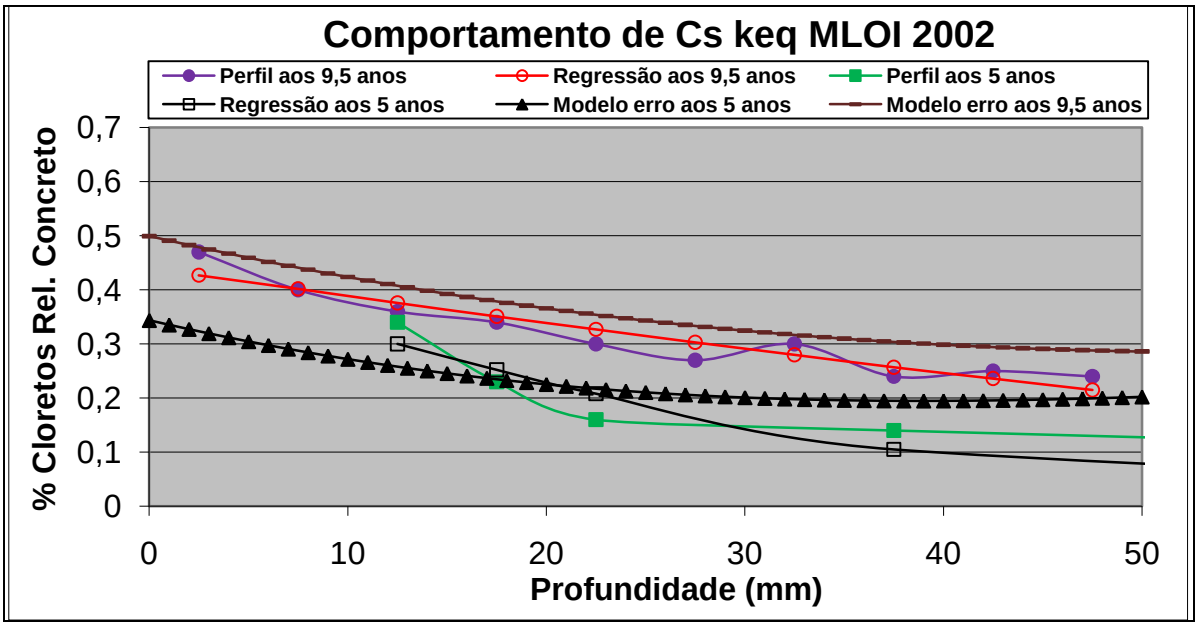


Figura C.15 – Aplicação do modelo com erro para MLOI considerando keq aos 5 anos

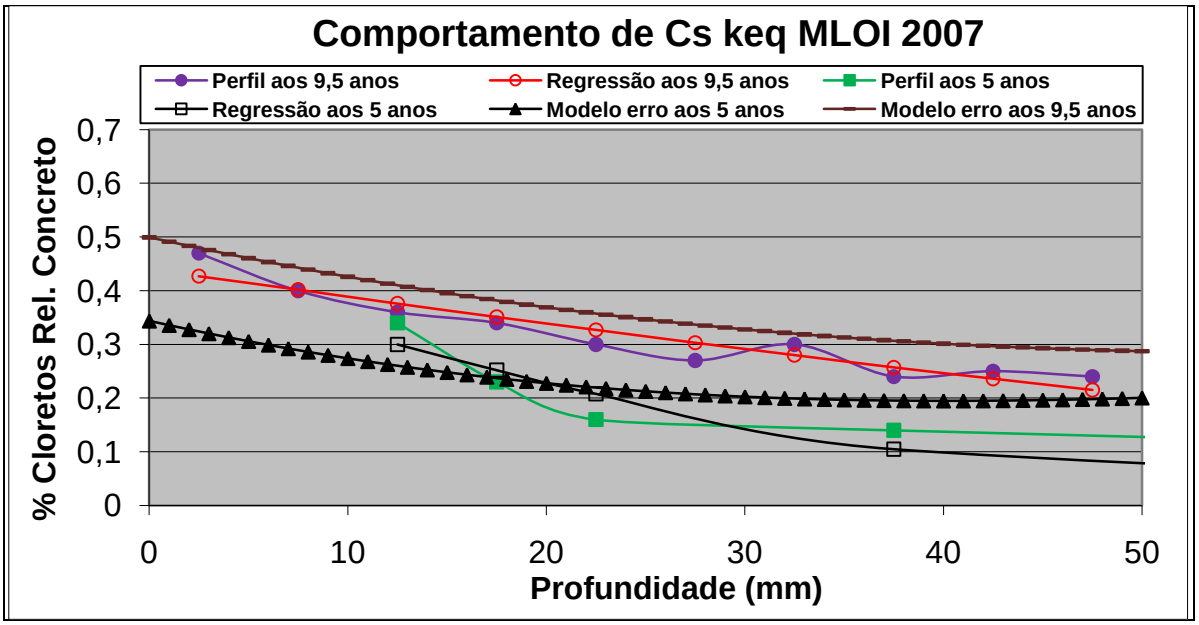


Figura C.16 – Aplicação do modelo com erro para MLOI considerando keq aos 9,5 anos.

ANEXO D – Aplicação da regressão para a obtenção das curvas modelo de 5 e 9,5 anos e estimativa de 9,5 e 5 anos, respectivamente, para os 4 micro-ambientes estudados.

MICRO-AMBIENTE MLLS

Tabela D.1 – Estimativa de D para o traçado da curva modelo aos 5 anos (idade de 5 anos)

$Cs = kt^{1/2} =$	$0,113(4,5)^{1/2}$	0,240
$Mt = 1/2kt(\pi D)^{1/2}$	6,032	Csvariando
$Mt = 2Cs(Dt/\pi)^{1/2}$	Para Cs constante	Então:
D. =	$(Mt/2/Cs)^2*\pi/t$	
D. =	110,4466841	mm^2/ano

Tabela D. –Estimativa de D para o traçado da curva Estimativa aos 9,5 anos (idade de 5 anos)

$Cs = kt^{1/2} =$	$0,113(9,5)^{1/2}$	0,348
$Mt = 1/2kt(\pi D)^{1/2}$	12,733	Cs variando
$Mt = 2Cs(Dt/\pi)^{1/2}$	Então:	
D. =	$(Mt/2/Cs)^2*\pi/t$	
D. =	110,4466841	mm^2/ano

Tabela D.3 – Percentuais de cloreto estimados a partir de D aos 5 anos para o traçado das curvas (Modelo aos 5 anos e Estimativa aos 9,5 anos).

Profund.(mm)	**% Cl^- (5anos)**	**% Cl^- (9,5 anos)**	**Profund.(mm)**	**% Cl^- (5anos)**	**% Cl^- (9,5 anos)**
0	0,24000	0,34800	20	0,12620	0,23052
1	0,23393	0,34194	21	0,12129	0,22503
2	0,22786	0,33588	22	0,11647	0,21960
3	0,22181	0,32983	23	0,11177	0,21423
4	0,21577	0,32379	24	0,10717	0,20892
5	0,20976	0,31775	25	0,10267	0,20366
6	0,20378	0,31174	26	0,09830	0,19847
7	0,19783	0,30574	27	0,09403	0,19335
8	0,19193	0,29975	28	0,08988	0,18828
9	0,18607	0,29380	29	0,08584	0,18329
10	0,18027	0,28786	30	0,08192	0,17836
11	0,17452	0,28196	31	0,07812	0,17351
12	0,16884	0,27609	32	0,07443	0,16872
13	0,16322	0,27025	33	0,07086	0,16401
14	0,15768	0,26444	34	0,06740	0,15937
15	0,15222	0,25868	35	0,06407	0,15481
16	0,14684	0,25296	36	0,06085	0,15032
17	0,14154	0,24727	37	0,05774	0,14590
18	0,13633	0,24164	38	0,05474	0,14157
19	0,13122	0,23605	39	0,05186	0,13731

Profund.(mm)	% Cl - (5anos)	% Cl – (9,5 anos)	Profund.(mm)	% Cl - (5anos)	% Cl – (9,5 anos)
40	0,04909	0,13313	90	0,00103	0,01721
41	0,04643	0,12903	91	0,00094	0,01635
42	0,04387	0,12501	92	0,00085	0,01552
43	0,04143	0,12107	93	0,00076	0,01473
44	0,03908	0,11721	94	0,00069	0,01398
45	0,03684	0,11343	95	0,00062	0,01326
46	0,03469	0,10972	96	0,00056	0,01257
47	0,03265	0,10610	97	0,00050	0,01191
48	0,03070	0,10256	98	0,00045	0,01128
49	0,02883	0,09910	99	0,00041	0,01068
50	0,02706	0,09572	100	0,00036	0,01011
51	0,02538	0,09242	101	0,00033	0,00956
52	0,02378	0,08920	102	0,00029	0,00904
53	0,02226	0,08605	103	0,00026	0,00854
54	0,02082	0,08299	104	0,00023	0,00807
55	0,01946	0,08000	105	0,00021	0,00762
56	0,01817	0,07709	106	0,00019	0,00719
57	0,01695	0,07426	107	0,00017	0,00679
58	0,01580	0,07150	108	0,00015	0,00640
59	0,01471	0,06882	109	0,00013	0,00603
60	0,01369	0,06621	110	0,00012	0,00569
61	0,01272	0,06368	111	0,00010	0,00536
62	0,01182	0,06122	112	0,00009	0,00504
63	0,01097	0,05883	113	0,00008	0,00474
64	0,01017	0,05651	114	0,00007	0,00446
65	0,00942	0,05426	115	0,00006	0,00420
66	0,00872	0,05208	116	0,00006	0,00394
67	0,00806	0, 04997	117	0,00005	0,00371
68	0,00744	0,04792	118	0,00004	0,00348
69	0,00687	0,04594	119	0,00004	0,00327
70	0,00634	0,04402	120	0,00003	0,00306
71	0,00584	0,04217			
72	0,00537	0,04037			
73	0,00494	0,03864			
74	0,00454	0,03697			
75	0,00417	0,03535			
76	0,00382	0,03379			
77	0,00350	0,03229			
78	0,00321	0,03084			
79	0,00293	0,02944			
80	0,00268	0,02810			
81	0,00245	0,02681			
82	0,00223	0,02556			
83	0,00203	0,02436			
88	0,00126	0,01905			
89	0,00114	0,01811			

Tabela D.4 – Estimativa de D para o traçado da curva Estimativa aos 5 anos (idade de 9,5 anos)

$Cs = kt^{1/2} =$	$0,140(4,5)^{1/2}$	0,297
$Mt = 1/2kt(\pi D)^{1/2}$	6,340	Csvariando
$Mt = 2Cs(Dt/\pi)^{1/2}$	Para Cs constante	Então:
D. =	$(Mt/2/Cs)^2*\pi/t$	
D. =	79,49918725	mm^2/ano

Tabela D.5 – Estimativa de D para o traçado da curva modelo aos 9,5 anos (idade de 9,5 anos)

$Cs = kt^{1/2} =$	$0,140(9,5)^{1/2}$	0,432
$Mt = 1/2kt(\pi D)^{1/2}$	13,384	Cs variando
$Mt = 2Cs(Dt/\pi)^{1/2}$	Então:	
D. =	$(Mt/2/Cs)^2*\pi/t$	
D. =	79,49918725	mm^2/ano

Tabela D.6 – Percentuais de cloreto estimados a partir de D aos 9,5 anos para o traçado das curvas (Estimativa aos 5 anos e Modelo aos 9,5 anos).

Profund.(mm)	**% Cl – (5anos)**	**% Cl – (9,5 anos)**	**Profund.(mm)**	**% Cl – (5anos)**	**% Cl – (9,5 anos)**
0	0,29700	0,43200	23	0,11579	0,23932
1	0,28814	0,42313	24	0,10977	0,23194
2	0,27930	0,41427	25	0,10394	0,22467
3	0,27048	0,40542	26	0,09832	0,21751
4	0,26169	0,39659	27	0,09290	0,21049
5	0,25296	0,38778	28	0,08767	0,20358
6	0,24429	0,37900	29	0,08265	0,19680
7	0,23569	0,37025	30	0,07783	0,19015
8	0,22717	0,36155	31	0,07321	0,18364
9	0,21875	0,35289	32	0,06878	0,17725
10	0,21043	0,34428	33	0,06454	0,17100
11	0,20223	0,33573	34	0,06050	0,16488
12	0,19415	0,32724	35	0,05664	0,15890
13	0,18621	0,31882	36	0,05297	0,15306
14	0,17841	0,31047	37	0,04948	0,14735
15	0,17076	0,30220	38	0,04616	0,14178
16	0,16327	0,29401	39	0,04302	0,13635
17	0,15595	0,28590	40	0,04004	0,13106
18	0,14879	0,27789	41	0,03722	0,12591
19	0,14182	0,26997	42	0,03456	0,12089
20	0,13503	0,26215	43	0,03206	0,11602
21	0,12842	0,25443	44	0,02969	0,11128
22	0,12201	0,24682	45	0,02747	0,10667

Tabela D.6 – Percentuais de cloreto estimados a partir de D aos 9,5 anos para o traçado das curvas (Estimativa aos 5 anos e Modelo aos 9,5 anos).

Profund.(mm)	% Cl - (5anos)	% Cl – (9,5 anos)	Profund.(mm)	% Cl - (5anos)	% Cl – (9,5 anos)
46	0,02539	0,10220	84	0,00050	0,01325
47	0,02343	0,09787	85	0,00044	0,01241
48	0,02160	0,09366	86	0,00039	0,01163
49	0,01989	0,08959	87	0,00034	0,01088
50	0,01829	0,08565	88	0,00030	0,01018
51	0,01680	0,08184	89	0,00026	0,00951
52	0,01541	0,07815	90	0,00023	0,00889
53	0,01412	0,07459	91	0,00020	0,00830
54	0,01292	0,07115	92	0,00017	0,00774
55	0,01181	0,06783	93	0,00015	0,00722
56	0,01078	0,06463	94	0,00013	0,00673
57	0,00983	0,06155	95	0,00011	0,00627
58	0,00895	0,05858	96	0,00010	0,00584
59	0,00814	0,05573	97	0,00009	0,00543
60	0,00739	0,05298	98	0,00007	0,00505
61	0,00671	0,05034	99	0,00006	0,00469
62	0,00608	0,04780	100	0,00005	0,00436
63	0,00550	0,04537	101	0,00005	0,00404
64	0,00497	0,04303	102	0,00004	0,00375
65	0,00448	0,04080	103	0,00003	0,00348
66	0,00404	0,03865	104	0,00003	0,00322
67	0,00364	0,03660	105	0,00003	0,00298
68	0,00327	0,03464	106	0,00002	0,00276
69	0,00294	0,03276	107	0,00002	0,00255
70	0,00263	0,03097	108	0,00002	0,00236
71	0,00236	0,02926	109	0,00001	0,00218
72	0,00211	0,02762	110	0,00001	0,00201
73	0,00189	0,02607	111	0,00001	0,00185
74	0,00168	0,02458	112	0,00001	0,00171
75	0,00150	0,02317	113	0,00001	0,00157
76	0,00133	0,02183	114	0,00001	0,00145
77	0,00119	0,02055	115	0,00001	0,00133
78	0,00105	0,01933	116	0,00000	0,00123
79	0,00093	0,01818	117	0,00000	0,00113
80	0,00083	0,01709	118	0,00000	0,00104
81	0,00073	0,01605	119	0,00000	0,00095
82	0,00065	0,01506	120	0,00000	0,00087
83	0,00057	0,01413			

NOTA: Utilizando o Mt calculado pela equação que considera Cs variando na equação que considera Cs constante se obtém D.

Nota-se que D estimado em MLLS, MLLM, MLOM e MLOI é apenas uma estimativa e não representa nenhum significado em relação ao comportamento do concreto, ou seja, foi utilizado apenas para o traçado das curvas modelo aos 5 anose modelo aos 9,5 anos.

Tabela D.7 – Estimativa de D para o traçado da curva modelo aos 5 anos (idade de 5 anos) considerando keq.

$Cs = kt^{1/2} =$	$0,131(4,5)^{1/2}$	0,278
$Mt = 1/2kt(\pi D)^{1/2}$	6,032	Csvariando
$Mt = 2Cs(Dt/\pi)^{1/2}$	Para Cs constante	Então:
D. =	$(Mt/2/Cs)^2*\pi/t$	
D. =	82,18015905	mm^2/ano

Tabela D.8 – Estimativa de D para o traçado da curva Estimativa aos 9,5 anos (idade de 5 anos) considerando keq.

$Cs = kt^{1/2} =$	$0,131(9,5)^{1/2}$	0,404
$Mt = 1/2kt(\pi D)^{1/2}$	12,733	Cs variando
$Mt = 2Cs(Dt/\pi)^{1/2}$	Então:	
D. =	$(Mt/2/Cs)^2*\pi/t$	
D. =	82,18015905	mm^2/ano

Tabela D.9 – Percentuais de cloreto estimados a partir de D aos 5 anos para o traçado das curvas considerando keq (Modelo aos 5 anos e Estimativa aos 9,5 anos).

Profund.(mm)	**% Cl - (5anos)**	**% Cl – (9,5 anos)**	**Profund.(mm)**	**% Cl - (5anos)**	**% Cl – (9,5 anos)**
0	0,27800	0,40400	17	0,14787	0,26948
1	0,26985	0,39584	18	0,14124	0,26209
2	0,26170	0,38769	19	0,13477	0,25478
3	0,25358	0,37955	20	0,12846	0,24755
4	0,24549	0,37143	21	0,12232	0,24042
5	0,23745	0,36332	22	0,11636	0,23339
6	0,22946	0,35524	23	0,11056	0,22645
7	0,22153	0,34719	24	0,10495	0,21962
8	0,21368	0,33918	25	0,09951	0,21289
9	0,20591	0,33121	26	0,09426	0,20626
10	0,19824	0,32329	27	0,08919	0,19975
11	0,19067	0,31541	28	0,08429	0,19334
12	0,18321	0,30759	29	0,07958	0,18706
13	0,17587	0,29983	30	0,07506	0,18088
14	0,16866	0,29214	31	0,07071	0,17483
15	0,16159	0,28451	32	0,06654	0,16889
16	0,15466	0,27696	33	0,06254	0,16307

Tabela D.9 – Percentuais de cloreto estimados a partir de D aos 5 anos para o traçado das curvas considerando keq (Modelo aos 5 anos e Estimativa aos 9,5 anos).

Profund.(mm)	% Cl - (5anos)	% Cl – (9,5 anos)	Profund.(mm)	% Cl - (5anos)	% Cl – (9,5 anos)
34	0,05872	0,15738	78	0,00115	0,01955
35	0,05507	0,15181	79	0,00102	0,01841
36	0,05160	0,14636	80	0,00091	0,01734
37	0,04828	0,14103	81	0,00081	0,01631
38	0,04513	0,13583	82	0,00071	0,01534
39	0,04213	0,13076	83	0,00063	0,01442
40	0,03929	0,12581	84	0,00056	0,01354
41	0,03660	0,12098	85	0,00049	0,01271
42	0,03406	0,11628	86	0,00044	0,01193
43	0,03165	0,11171	87	0,00038	0,01119
44	0,02938	0,10726	88	0,00034	0,01048
45	0,02724	0,10293	89	0,00030	0,00982
46	0,02523	0,09873	90	0,00026	0,00919
47	0,02334	0,09465	91	0,00023	0,00860
48	0,02156	0,09069	92	0,00020	0,00804
49	0,01990	0,08684	93	0,00017	0,00751
50	0,01834	0,08312	94	0,00015	0,00702
51	0,01689	0,07952	95	0,00013	0,00655
52	0,01553	0,07603	96	0,00012	0,00611
53	0,01427	0,07265	97	0,00010	0,00570
54	0,01309	0,06939	98	0,00009	0,00531
55	0,01199	0,06624	99	0,00008	0,00494
56	0,01098	0,06320	100	0,00007	0,00460
57	0,01003	0,06026	101	0,00006	0,00428
58	0,00916	0,05743	102	0,00005	0,00398
59	0,00835	0,05471	103	0,00004	0,00369
60	0,00761	0,05208	104	0,00004	0,00343
61	0,00692	0,04955	105	0,00003	0,00318
62	0,00629	0,04712	106	0,00003	0,00295
63	0,00571	0,04479	107	0,00002	0,00274
64	0,00517	0,04254	108	0,00002	0,00253
65	0,00468	0,04039	109	0,00002	0,00235
66	0,00423	0,03833	110	0,00001	0,00217
67	0,00382	0,03635	111	0,00001	0,00201
68	0,00345	0,03445	112	0,00001	0,00185
69	0,00311	0,03264	113	0,00001	0,00171
70	0,00280	0,03090	114	0,00001	0,00158
71	0,00251	0,02924	115	0,00001	0,00146
72	0,00225	0,02765	116	0,00001	0,00134
73	0,00202	0,02613	117	0,00000	0,00124
74	0,00181	0,02469	118	0,00000	0,00114
75	0,00162	0,02331	119	0,00000	0,00105
76	0,00144	0,02199	120	0,00000	0,00097
77	0,00129	0,02074			

Tabela D.10 – Estimativa de D para o traçado da curva Estimativa aos 5 anos (idade de 9,5 anos) considerando keq.

$Cs = kt^{1/2} =$	$0{,}131(4{,}5)^{1/2}$	0,278
$Mt = 1/2kt(\pi D)^{1/2}$	6,340	Csvariando
$Mt = 2Cs(Dt/\pi)^{1/2}$	Para Cs constante	Então:
D. =	$(Mt/2/Cs)^2*\pi/t$	
D. =	90,80310625	mm^2/ano

Tabela D.11 – Estimativa de D para o traçado da curva modelo aos 9,5 anos (idade de 9,5 anos) considerando keq.

$Cs = kt^{1/2} =$	$0{,}131(9{,}5)^{1/2}$	0,404
$Mt = 1/2kt(\pi D)^{1/2}$	13,385	Cs variando
$Mt = 2Cs(Dt/\pi)^{1/2}$	Então:	
D. =	$(Mt/2/Cs)^2*\pi/t$	
D. =	90,80310625	mm^2/ano

Tabela D.12 – Percentuais de cloreto estimados a partir de D aos 9,5 anos para o traçado das curvas considerando keq (Estimativa aos 5 anos e Modelo aos 9,5 anos).

Profund.(mm)	**% Cl – (5anos)**	**% Cl – (9,5 anos)**	**Profund.(mm)**	**% Cl - (5anos)**	**% Cl – (9,5 anos)**
0	0,29800	0,40400	23	0,12548	0,23422
1	0,28968	0,39624	24	0,11955	0,22761
2	0,28138	0,38848	25	0,11379	0,22109
3	0,27309	0,38074	26	0,10820	0,21466
4	0,26484	0,37301	27	0,10279	0,20833
5	0,25662	0,36529	28	0,09755	0,20210
6	0,24846	0,35760	29	0,09249	0,19596
7	0,24036	0,34993	30	0,08761	0,18993
8	0,23232	0,34230	31	0,08290	0,18401
9	0,22436	0,33470	32	0,07837	0,17819
10	0,21649	0,32714	33	0,07401	0,17247
11	0,20872	0,31962	34	0,06982	0,16687
12	0,20105	0,31215	35	0,06581	0,16137
13	0,19349	0,30474	36	0,06196	0,15598
14	0,18605	0,29737	37	0,05828	0,15071
15	0,17874	0,29007	38	0,05476	0,14555
16	0,17156	0,28283	39	0,05140	0,14050
17	0,16451	0,27566	40	0,04820	0,13556
18	0,15762	0,26856	41	0,04515	0,13073
19	0,15087	0,26153	42	0,04225	0,12602
20	0,14428	0,25458	43	0,03950	0,12142
21	0,13785	0,24771	44	0,03688	0,11694
22	0,13158	0,24093	45	0,03441	0,11257

Tabela D.12 – Percentuais de cloreto estimados a partir de D aos 9,5 anos para o traçado das curvas considerando keq (Estimativa aos 5 anos e Modelo aos 9,5 anos).

Profund.(mm)	% Cl - (5anos)	% Cl – (9,5 anos)	Profund.(mm)	% Cl - (5anos)	% Cl – (9,5 anos)
46	0,02523	0,09873	90	0,00026	0,00919
47	0,02334	0,09465	91	0,00023	0,00860
48	0,02156	0,09069	92	0,00020	0,00804
49	0,01990	0,08684	93	0,00017	0,00751
50	0,01834	0,08312	94	0,00015	0,00702
51	0,01689	0,07952	95	0,00013	0,00655
52	0,01553	0,07603	96	0,00012	0,00611
53	0,01427	0,07265	97	0,00010	0,00570
54	0,01309	0,06939	98	0,00009	0,00531
55	0,01199	0,06624	99	0,00008	0,00494
56	0,01098	0,06320	100	0,00007	0,00460
57	0,01003	0,06026	101	0,00006	0,00428
58	0,00916	0,05743	102	0,00005	0,00398
59	0,00835	0,05471	103	0,00004	0,00369
60	0,00761	0,05208	104	0,00004	0,00343
61	0,00692	0,04955	105	0,00003	0,00318
62	0,00629	0,04712	106	0,00003	0,00295
63	0,00571	0,04479	107	0,00002	0,00274
64	0,00517	0,04254	108	0,00002	0,00253
65	0,00468	0,04039	109	0,00002	0,00235
66	0,00423	0,03833	110	0,00001	0,00217
67	0,00382	0,03635	111	0,00001	0,00201
68	0,00345	0,03445	112	0,00001	0,00185
69	0,00311	0,03264	113	0,00001	0,00171
70	0,00280	0,03090	114	0,00001	0,00158
71	0,00251	0,02924	115	0,00001	0,00146
72	0,00225	0,02765	116	0,00001	0,00134
73	0,00202	0,02613	117	0,00000	0,00124
74	0,00181	0,02469	118	0,00000	0,00114
75	0,00162	0,02331	119	0,00000	0,00105
76	0,00144	0,02199			
77	0,00129	0,02074			
78	0,00115	0,01955			
79	0,00102	0,01841			
80	0,00091	0,01734			
81	0,00081	0,01631			
82	0,00071	0,01534			
83	0,00063	0,01442			
84	0,00056	0,01354			
85	0,00049	0,01271			
86	0,00044	0,01193			
87	0,00038	0,01119			
88	0,00034	0,01048			
89	0,00030	0,00982			

MICRO-AMBIENTE MLLM

Tabela D.13 – Estimativa de D para o traçado da curva modelo aos 5 anos (idade de 5anos)

$Cs = kt^{1/2} =$	$0,160(4,5)^{1/2}$	0,339
$Mt = 1/2kt(\pi D)^{1/2}$	15,536	Csvariando
$Mt = 2Cs(Dt/\pi)^{1/2}$	Para Cs constante	Então:
D. =	$(Mt/2/Cs)^2*\pi/t$	
D. =	365,5158427	mm^2/ano

Tabela D.14 – Estimativa de D para o traçado da curva Estimativa aos 9,5 anos (idade de 5 anos)

$Cs = kt^{1/2} =$	$0,160(9,5)^{1/2}$	0,493
$Mt = 1/2kt(\pi D)^{1/2}$	32,799	Cs variando
$Mt = 2Cs(Dt/\pi)^{1/2}$	Então:	
D. =	$(Mt/2/Cs)^2*\pi/t$	
D. =	365,5158427	mm^2/ano

Tabela D.15 – Percentuais de cloreto estimados a partir de D aos 5 anos para o traçado das curvas (Modelo aos 5 anos e Estimativa aos 9,5 anos).

Profund.(mm)	**% Cl^- (5anos)**	**% Cl^- (9,5 anos)**	**Profund.(mm)**	**% Cl^- (5anos)**	**% Cl^- (9,5 anos)**
0	0,339	0,493	20	0,24656	0,39950
1	0,33428433	0,48828	21	0,24213	0,39492
2	0,329570093	0,483561	22	0,23774	0,39035
3	0,324858722	0,478843	23	0,23337	0,38580
4	0,320151645	0,474127	24	0,22904	0,38126
5	0,315450288	0,469413	25	0,22473	0,37674
6	0,310756071	0,464703	26	0,22046	0,37224
7	0,306070407	0,459998	27	0,21622	0,36775
8	0,301394704	0,455297	28	0,21202	0,36328
9	0,296730357	0,450601	29	0,20785	0,35883
10	0,292078753	0,445911	30	0,20372	0,35440
11	0,287441268	0,441229	31	0,19962	0,34998
12	0,282819263	0,436553	32	0,19557	0,34559
13	0,278214087	0,431886	33	0,19155	0,34121
14	0,273627074	0,427227	34	0,18757	0,33686
15	0,26905954	0,422578	35	0,18364	0,33253
16	0,264512785	0,417939	36	0,17975	0,32821
17	0,25998809	0,41331	37	0,17589	0,32393
18	0,255486717	0,408693	38	0,17209	0,31966
19	0,251009906	0,404088	39	0,16832	0,31542

Profund.(mm)	**% Cl – (5anos)**	**% Cl – (9,5 anos)**	**Profund.(mm)**	**% Cl - (5anos)**	**% Cl – (9,5 anos)**
40	0,16460	0,31120	85	0,04690	0,15172
41	0,16093	0,30701	86	0,04535	0,14893
42	0,15730	0,30284	87	0,04383	0,14617
43	0,15371	0,29869	88	0,04236	0,14345
44	0,15018	0,29457	89	0,04093	0,14077
45	0,14668	0,29048	90	0,03953	0,13812
46	0,14324	0,28641	91	0,03817	0,13550
47	0,13985	0,28237	92	0,03685	0,13292
48	0,13650	0,27836	93	0,03557	0,13037
49	0,13320	0,27438	94	0,03432	0,12785
50	0,12995	0,27042	95	0,03310	0,12537
51	0,12675	0,26649	96	0,03193	0,12292
52	0,12360	0,26259	97	0,03078	0,12051
53	0,12050	0,25872	98	0,02967	0,11813
54	0,11745	0,25488	99	0,02859	0,11578
55	0,11444	0,25107	100	0,02754	0,11346
56	0,11149	0,24729	101	0,02653	0,11118
57	0,10859	0,24354	102	0,02554	0,10894
58	0,10573	0,23981	103	0,02459	0,10672
59	0,10293	0,23613	104	0,02366	0,10454
60	0,10018	0,23247	105	0,02276	0,10239
61	0,09747	0,22884	106	0,02189	0,10027
62	0,09482	0,22525	107	0,02105	0,09818
63	0,09222	0,22168	108	0,02024	0,09613
64	0,08966	0,21815	109	0,01945	0,09411
65	0,08716	0,21465	110	0,01869	0,09212
66	0,08470	0,21119	111	0,01795	0,09016
67	0,08229	0,20775	112	0,01724	0,08823
68	0,07993	0,20435	113	0,01655	0,08633
69	0,07762	0,20099	114	0,01588	0,08446
70	0,07536	0,19765	115	0,01524	0,08263
71	0,07314	0,19435	116	0,01462	0,08082
72	0,07097	0,19109	117	0,01402	0,07904
73	0,06885	0,18785	118	0,01344	0,07730
74	0,06678	0,18465	119	0,01288	0,07558
75	0,06475	0,18149	120	0,01235	0,07389
76	0,06277	0,17836			
77	0,06083	0,17526			
78	0,05893	0,17220			
79	0,05709	0,16917			
80	0,05528	0,16617			
81	0,05352	0,16321			
82	0,05180	0,16029			
83	0,05013	0,15740			
84	0,04849	0,15454			

Tabela D.16 – Estimativa de D para o traçado da curva Estimativa aos 5 anos (idade de 9,5 anos)

$Cs = kt^{1/2} =$	$0,191(4,5)^{1/2}$	0,405
$Mt = 1/2kt(\pi D)^{1/2}$	16,187	Csvariando
$Mt = 2Cs(Dt/\pi)^{1/2}$	Para Cs constante	Então:
D. =	$(Mt/2/Cs)^2*\pi/t$	
D. =	278,4133061	mm^2/ano

Tabela D.17 – Estimativa de D para o traçado da curva modelo aos 9,5 anos (idade de 9,5 anos)

$Cs = kt^{1/2} =$	$0,191(9,5)^{1/2}$	0,589
$Mt = 1/2kt(\pi D)^{1/2}$	34,172	Cs variando
$Mt = 2Cs(Dt/\pi)^{1/2}$	Então:	
D. =	$(Mt/2/Cs)^2*\pi/t$	
D. =	278,4133061	mm^2/ano

Tabela D.18 – Percentuais de cloreto estimados a partir de D aos 9,5 anos para o traçado das curvas (Estimativa aos 5 anos e Modelo aos 9,5 anos).

Profund.(mm)	**% Cl – (5anos)**	**% Cl – (9,5 anos)**	**Profund.(mm)**	**% Cl - (5anos)**	**% Cl – (9,5 anos)**
0	0,40500	0,58900	23	0,26159	0,44283
1	0,39854	0,58254	24	0,25580	0,43669
2	0,39209	0,57608	25	0,25008	0,43059
3	0,38565	0,56962	26	0,24441	0,42451
4	0,37921	0,56317	27	0,23880	0,41847
5	0,37278	0,55672	28	0,23325	0,41245
6	0,36636	0,55027	29	0,22776	0,40647
7	0,35996	0,54384	30	0,22233	0,40051
8	0,35358	0,53741	31	0,21697	0,39460
9	0,34721	0,53099	32	0,21167	0,38871
10	0,34087	0,52459	33	0,20644	0,38287
11	0,33456	0,51819	34	0,20128	0,37705
12	0,32827	0,51181	35	0,19619	0,37128
13	0,32201	0,50545	36	0,19117	0,36555
14	0,31579	0,49909	37	0,18622	0,35985
15	0,30960	0,49276	38	0,18135	0,35419
16	0,30344	0,48644	39	0,17655	0,34857
17	0,29733	0,48015	40	0,17182	0,34300
18	0,29126	0,47387	41	0,16716	0,33747
19	0,28523	0,46761	42	0,16259	0,33197
20	0,27924	0,46138	43	0,15808	0,32653
21	0,27331	0,45517	44	0,15366	0,32112
22	0,26742	0,44899	45	0,14931	0,31577

Tabela D.18 – Percentuais de cloreto estimados a partir de D aos 9,5 anos para o traçado das curvas (Estimativa aos 5 anos e Modelo aos 9,5 anos).

Profund.(mm)	% Cl - (5anos)	% Cl – (9,5 anos)	Profund.(mm)	% Cl - (5anos)	% Cl – (9,5 anos)
46	0,14504	0,31045	87	0,03329	0,13643
47	0,14085	0,30519	88	0,03189	0,13329
48	0,13673	0,29996	89	0,03054	0,13021
49	0,13269	0,29479	90	0,02924	0,12718
50	0,12873	0,28967	91	0,02798	0,12420
51	0,12485	0,28459	92	0,02676	0,12127
52	0,12105	0,27956	93	0,02559	0,11840
53	0,11733	0,27458	94	0,02446	0,11557
54	0,11368	0,26965	95	0,02338	0,11279
55	0,11011	0,26477	96	0,02233	0,11006
56	0,10662	0,25994	97	0,02132	0,10738
57	0,10321	0,25516	98	0,02035	0,10475
58	0,09987	0,25044	99	0,01942	0,10217
59	0,09661	0,24576	100	0,01853	0,09963
60	0,09342	0,24114	101	0,01767	0,09715
61	0,09031	0,23656	102	0,01684	0,09471
62	0,08728	0,23204	103	0,01605	0,09231
63	0,08432	0,22758	104	0,01529	0,08996
64	0,08143	0,22316	105	0,01456	0,08766
65	0,07861	0,21880	106	0,01386	0,08541
66	0,07587	0,21450	107	0,01318	0,08319
67	0,07320	0,21024	108	0,01254	0,08103
68	0,07060	0,20604	109	0,01192	0,07890
69	0,06807	0,20189	110	0,01133	0,07682
70	0,06561	0,19780	111	0,01077	0,07478
71	0,06321	0,19376	112	0,01023	0,07279
72	0,06088	0,18978	113	0,00971	0,07084
73	0,05862	0,18585	114	0,00922	0,06892
74	0,05643	0,18197	115	0,00875	0,06705
75	0,05429	0,17814	116	0,00830	0,06522
76	0,05222	0,17437	117	0,00787	0,06343
77	0,05022	0,17066	118	0,00746	0,06168
78	0,04827	0,16699	119	0,00706	0,05996
79	0,04638	0,16339	120	0,00669	0,05829
80	0,04455	0,15983			
81	0,04278	0,15633			
82	0,04107	0,15288			
83	0,03941	0,14948			
84	0,03780	0,14614			
85	0,03625	0,14285			
86	0,03474	0,13961			

Tabela D.19 – Estimativa de D para o traçado da curva modelo aos 5 anos (idade de 5anos) considerando keq.

$Cs = kt^{1/2} =$	$0,181(4,5)^{1/2}$	0,384
$Mt = 1/2kt(\pi D)^{1/2}$	15,563	Csvariando
$Mt = 2Cs(Dt/\pi)^{1/2}$	Para Cs constante	Então:
D. =	$(Mt/2/Cs)^2*\pi/t$	
D. =	286,6120042	mm^2/ano

Tabela D.20 – Estimativa de D para o traçado da curva Estimativa aos 9,5 anos (idade de 5 anos) considerando keq.

$Cs = kt^{1/2} =$	$0,181(9,5)^{1/2}$	0,558
$Mt = 1/2kt(\pi D)^{1/2}$	32,856	Cs variando
$Mt = 2Cs(Dt/\pi)^{1/2}$	Então:	
D. =	$(Mt/2/Cs)^2*\pi/t$	
D. =	286,6120042	mm^2/ano

Tabela D.21 – Percentuais de cloreto estimados a partir de D aos 5 anos para o traçado das curvas considerando keq (Modelo aos 5 anos e Estimativa aos 9,5 anos).

Profund.(mm)	**% Cl – (5anos)**	**% Cl – (9,5 anos)**	**Profund.(mm)**	**% Cl - (5anos)**	**% Cl – (9,5 anos)**
0	0,38400	0,55800	23	0,24985	0,42145
1	0,37797	0,55197	24	0,24443	0,41571
2	0,37194	0,54594	25	0,23906	0,41001
3	0,36591	0,53991	26	0,23374	0,40432
4	0,35989	0,53388	27	0,22848	0,39867
5	0,35389	0,52786	28	0,22327	0,39304
6	0,34789	0,52184	29	0,21811	0,38744
7	0,34191	0,51583	30	0,21302	0,38187
8	0,33594	0,50983	31	0,20798	0,37633
9	0,32999	0,50384	32	0,20300	0,37082
10	0,32406	0,49785	33	0,19809	0,36534
11	0,31816	0,49188	34	0,19323	0,35990
12	0,31228	0,48592	35	0,18845	0,35449
13	0,30642	0,47997	36	0,18372	0,34912
14	0,30060	0,47404	37	0,17906	0,34378
15	0,29481	0,46812	38	0,17447	0,33848
16	0,28905	0,46222	39	0,16994	0,33321
17	0,28333	0,45634	40	0,16548	0,32799
18	0,27764	0,45047	41	0,16109	0,32280
19	0,27200	0,44462	42	0,15677	0,31764
20	0,26640	0,43880	43	0,15252	0,31253
21	0,26083	0,43299	44	0,14834	0,30746
22	0,25532	0,42721	45	0,14423	0,30243

Tabela D.21 – Percentuais de cloreto estimados a partir de D aos 5 anos para o traçado das curvas considerando keq (Modelo aos 5 anose Estimativa aos 9,5 anos).

Profund.(mm)	% Cl – (5anos)	% Cl – (9,5 anos)	Profund.(mm)	% Cl – (5 anos)	% Cl – (9,5 anos)
46	0,14019	0,29744	90	0,02933	0,12422
47	0,13623	0,29250	91	0,02810	0,12138
48	0,13233	0,28759	92	0,02691	0,11858
49	0,12851	0,28273	93	0,02576	0,11583
50	0,12476	0,27791	94	0,02465	0,11312
51	0,12108	0,27314	95	0,02358	0,11047
52	0,11747	0,26841	96	0,02255	0,10786
53	0,11393	0,26373	97	0,02156	0,10529
54	0,11047	0,25909	98	0,02061	0,10277
55	0,10708	0,25449	99	0,01969	0,10029
56	0,10376	0,24995	100	0,01880	0,09786
57	0,10051	0,24545	101	0,01795	0,09548
58	0,09733	0,24099	102	0,01713	0,09313
59	0,09422	0,23659	103	0,01634	0,09083
60	0,09118	0,23223	104	0,01559	0,08858
61	0,08822	0,22792	105	0,01486	0,08636
62	0,08532	0,22365	106	0,01416	0,08419
63	0,08249	0,21944	107	0,01349	0,08206
64	0,07973	0,21527	108	0,01285	0,07997
65	0,07704	0,21115	109	0,01223	0,07793
66	0,07441	0,20709	110	0,01164	0,07592
67	0,07185	0,20307	111	0,01108	0,07395
68	0,06935	0,19909	112	0,01054	0,07203
69	0,06693	0,19517	113	0,01002	0,07014
70	0,06456	0,19130	114	0,00952	0,06829
71	0,06226	0,18748	115	0,00905	0,06648
72	0,06002	0,18371	116	0,00859	0,06471
73	0,05784	0,17998	117	0,00816	0,06297
74	0,05572	0,17631	118	0,00774	0,06128
75	0,05367	0,17268	119	0,00735	0,05961
76	0,05167	0,16911	120	0,00697	0,05799
77	0,04973	0,16558			
78	0,04784	0,16211			
79	0,04602	0,15868			
80	0,04425	0,15530			
81	0,04253	0,15198			
82	0,04086	0,14870			
83	0,03925	0,14547			
84	0,03769	0,14229			
85	0,03618	0,13916			
86	0,03471	0,13607			
87	0,03330	0,13304			
88	0,03193	0,13005			
89	0,03061	0,12711			

Tabela D.22 – Estimativa de D para o traçado da curva Estimativa aos 5 anos (idade de 9,5 anos) considerando keq.

$Cs = kt^{1/2} =$	$0,181(4,5)^{1/2}$	0,384
$Mt = 1/2kt(\pi D)^{1/2}$	16,189	Csvariando
$Mt = 2Cs(Dt/\pi)^{1/2}$	Para Cs constante	Então:
D. =	$(Mt/2/Cs)^2*\pi/t$	
D. =	310,1305	mm^2/ano

Tabela D.23 – Estimativa de D para o traçado da curva modelo aos 9,5 anos (idade de 9,5 anos) considerando keq.

$Cs = kt^{1/2} =$	$0,181(9,5)^{1/2}$	0,558
$Mt = 1/2kt(\pi D)^{1/2}$	34,177	Cs variando
$Mt = 2Cs(Dt/\pi)^{1/2}$	Então:	
D. =	$(Mt/2/Cs)^2*\pi/t$	
D. =	310,1305	mm^2/ano

Tabela D.24 – Percentuais de cloreto estimados a partir de D aos 9,5 anos para o traçado das curvas considerando keq (Estimativa aos 5 anos e Modelo aos 9,5 anos).

Profund.(mm)	**% Cl - (5anos)**	**% Cl – (9,5 anos)**	**Profund.(mm)**	**% Cl - (5anos)**	**% Cl – (9,5 anos)**
0	0,38400	0,55800	23	0,25471	0,42657
1	0,37820	0,55220	24	0,24946	0,42104
2	0,37240	0,54640	25	0,24425	0,41552
3	0,36661	0,54060	26	0,23909	0,41004
4	0,36082	0,53481	27	0,23398	0,40457
5	0,35505	0,52902	28	0,22891	0,39913
6	0,34928	0,52324	29	0,22390	0,39372
7	0,34352	0,51746	30	0,21893	0,38833
8	0,33778	0,51168	31	0,21403	0,38297
9	0,33206	0,50592	32	0,20917	0,37764
10	0,32635	0,50016	33	0,20437	0,37234
11	0,32067	0,49442	34	0,19963	0,36706
12	0,31500	0,48868	35	0,19494	0,36182
13	0,30936	0,48296	36	0,19031	0,35661
14	0,30375	0,47725	37	0,18575	0,35143
15	0,29816	0,47155	38	0,18124	0,34628
16	0,29261	0,46587	39	0,17679	0,34117
17	0,28709	0,46020	40	0,17241	0,33609
18	0,28160	0,45455	41	0,16808	0,33104
19	0,27614	0,44892	42	0,16382	0,32603
20	0,27073	0,44330	43	0,15963	0,32105
21	0,26535	0,43770	44	0,15550	0,31611
22	0,26001	0,43213	45	0,15143	0,31121

Tabela D.24 – Percentuais de cloreto estimados a partir de D aos 9,5 anos para o traçado das curvas considerando keq (Estimativa aos 5 anos e Modelo aos 9,5 anos).

Profund.(mm)	% Cl - (5anos)	% Cl – (9,5 anos)	Profund.(mm)	% Cl - (5anos)	% Cl – (9,5 anos)
46	0,14743	0,30635	90	0,03397	0,13449
47	0,14349	0,30152	91	0,03264	0,13159
48	0,13962	0,29673	92	0,03134	0,12874
49	0,13581	0,29198	93	0,03009	0,12594
50	0,13207	0,28727	94	0,02888	0,12317
51	0,12840	0,28260	95	0,02771	0,12046
52	0,12480	0,27796	96	0,02657	0,11778
53	0,12126	0,27337	97	0,02548	0,11515
54	0,11778	0,26882	98	0,02442	0,11256
55	0,11438	0,26432	99	0,02340	0,11001
56	0,11104	0,25985	100	0,02242	0,10751
57	0,10776	0,25543	101	0,02147	0,10505
58	0,10456	0,25105	102	0,02055	0,10263
59	0,10141	0,24671	103	0,01967	0,10025
60	0,09834	0,24241	104	0,01882	0,09791
61	0,09533	0,23816	105	0,01800	0,09562
62	0,09238	0,23395	106	0,01721	0,09336
63	0,08950	0,22979	107	0,01645	0,09115
64	0,08669	0,22567	108	0,01572	0,08897
65	0,08393	0,22160	109	0,01501	0,08683
66	0,08124	0,21757	110	0,01434	0,08474
67	0,07862	0,21358	111	0,01369	0,08268
68	0,07605	0,20964	112	0,01306	0,08066
69	0,07355	0,20574	113	0,01246	0,07868
70	0,07111	0,20190	114	0,01188	0,07673
71	0,06873	0,19809	115	0,01133	0,07483
72	0,06641	0,19433	116	0,01080	0,07296
73	0,06415	0,19062	117	0,01029	0,07112
74	0,06194	0,18695	118	0,00980	0,06933
75	0,05980	0,18333	119	0,00933	0,06757
76	0,05771	0,17975	120	0,00888	0,06584
77	0,05568	0,17623			
78	0,05370	0,17274			
79	0,05178	0,16930			
80	0,04991	0,16591			
81	0,04809	0,16256			
82	0,04632	0,15926			
83	0,04461	0,15601			
84	0,04295	0,15280			
85	0,04133	0,14963			
86	0,03977	0,14651			
87	0,03825	0,14344			
88	0,03678	0,14041			
89	0,03535	0,13743			

MICRO-AMBIENTE MLOM

Tabela D.25 – Estimativa de D para o traçado da curva modelo aos 5 anos (idade de 5anos)

$Cs = kt^{1/2} =$	$0,108(4,5)^{1/2}$	0,229
$Mt = 1/2kt(\pi D)^{1/2}$	9,336	Csvariando
$Mt = 2Cs(Dt/\pi)^{1/2}$	Para Cs constante	Então:
D. =	$(Mt/2/Cs)^2*\pi/t$	
D. =	289,6507512	mm^2/ano

Tabela D.26 – Estimativa de D para o traçado da curva Estimativa aos 9,5 anos (idade de 5 anos)

$Cs = kt^{1/2} =$	$0,108(9,5)^{1/2}$	0,333
$Mt = 1/2kt(\pi D)^{1/2}$	19,708	Cs variando
$Mt = 2Cs(Dt/\pi)^{1/2}$	Então:	
D. =	$(Mt/2/Cs)^2*\pi/t$	
D. =	289,6507512	mm^2/ano

Tabela D.27 – Percentuais de cloreto estimados a partir de D aos 5 anos para o traçado das curvas (Modelo aos 5 anos e Estimativa aos 9,5 anos).

Profund.(mm)	**% Cl^- (5anos)**	**% Cl^- (9,5 anos)**	**Profund.(mm)**	**% Cl^- (5anos)**	**% Cl^- (9,5anos)**
0	0,22800	0,41900	20	0,15852	0,32995
1	0,22444	0,41449	21	0,15523	0,32561
2	0,22088	0,40999	22	0,15197	0,32129
3	0,21732	0,40548	23	0,14874	0,31699
4	0,21376	0,40098	24	0,14554	0,31270
5	0,21021	0,39648	25	0,14236	0,30843
6	0,20667	0,39199	26	0,13921	0,30419
7	0,20314	0,38750	27	0,13610	0,29996
8	0,19961	0,38302	28	0,13302	0,29575
9	0,19610	0,37854	29	0,12997	0,29156
10	0,19260	0,37407	30	0,12695	0,28740
11	0,18911	0,36961	31	0,12397	0,28326
12	0,18563	0,36516	32	0,12103	0,27914
13	0,18218	0,36071	33	0,11812	0,27505
14	0,17874	0,35628	34	0,11525	0,27098
15	0,17531	0,35186	35	0,11241	0,26693
16	0,17191	0,34745	36	0,10961	0,26291
17	0,16853	0,34305	37	0,10685	0,25892
18	0,16517	0,33867	38	0,10413	0,25496
19	0,16183	0,33430	39	0,10145	0,25102

Profund.(mm)	% Cl - (5anos)	% Cl – (9,5 anos)	Profund.(mm)	% Cl - (5anos)	% Cl – (9,5anos)
40	0,09881	0,24711	86	0,02100	0,10322
41	0,09621	0,24322	87	0,02015	0,10094
42	0,09365	0,23937	88	0,01933	0,09869
43	0,09113	0,23555	89	0,01854	0,09648
44	0,08865	0,23175	90	0,01777	0,09430
45	0,08621	0,22799	91	0,01703	0,09216
46	0,08382	0,22425	92	0,01632	0,09005
47	0,08146	0,22055	93	0,01563	0,08798
48	0,07915	0,21688	94	0,01496	0,08594
49	0,07688	0,21324	95	0,01432	0,08394
50	0,07466	0,20963	96	0,01370	0,08197
51	0,07247	0,20606	97	0,01310	0,08004
52	0,07033	0,20252	98	0,01252	0,07814
53	0,06823	0,19901	99	0,01197	0,07627
54	0,06617	0,19553	100	0,01144	0,07444
55	0,06416	0,19209	101	0,01092	0,07264
56	0,06218	0,18869	102	0,01043	0,07087
57	0,06025	0,18531	103	0,00995	0,06914
58	0,05836	0,18198	104	0,00950	0,06744
59	0,05651	0,17867	105	0,00906	0,06576
60	0,05471	0,17541	106	0,00864	0,06412
61	0,05294	0,17218	107	0,00823	0,06252
62	0,05121	0,16898	108	0,00784	0,06094
63	0,04953	0,16582	109	0,00747	0,05939
64	0,04789	0,16270	110	0,00711	0,05788
65	0,04628	0,15961	111	0,00677	0,05639
66	0,04472	0,15656	112	0,00644	0,05493
67	0,04319	0,15354	113	0,00613	0,05351
68	0,04170	0,15056	114	0,00583	0,05211
69	0,04026	0,14762	115	0,00554	0,05074
70	0,03885	0,14471	116	0,00526	0,04940
71	0,03747	0,14184	117	0,00500	0,04809
72	0,03614	0,13901	118	0,00475	0,04680
73	0,03483	0,13622	119	0,00451	0,04554
74	0,03357	0,13346	120	0,00428	0,04431
75	0,03234	0,13074			
76	0,03115	0,12805			
77	0,02999	0,12540			
78	0,02886	0,12279			
79	0,02777	0,12022			
80	0,02671	0,11768			
81	0,02568	0,11518			
82	0,02468	0,11271			
83	0,02372	0,11029			
84	0,02278	0,10789			
85	0,02188	0,10554			

Tabela D.28 – Estimativa de D para o traçado da curva Estimativa aos 5 anos (idade de 9,5 anos)

$Cs = kt^{1/2} =$	$0,149(4,5)^{1/2}$	0,316
$Mt = 1/2kt(\pi D)^{1/2}$	8,173	Csvariando
$Mt = 2Cs(Dt/\pi)^{1/2}$	Para Cs constante	Então:
D. =	$(Mt/2/Cs)^2*\pi/t$	
D. =	116,6256698	mm^2/ano

Tabela D.29 – Estimativa de D para o traçado da curva modelo aos 9,5 anos (idade de 9,5 anos)

$Cs = kt^{1/2} =$	$0,149(9,5)^{1/2}$	0,459
$Mt = 1/2kt(\pi D)^{1/2}$	17,253	Cs variando
$Mt = 2Cs(Dt/\pi)^{1/2}$	Então:	
D. =	$(Mt/2/Cs)^2*\pi/t$	
D. =	116,6256698	mm^2/ano

Tabela D.30 – Percentuais de cloreto estimados a partir de D aos 9,5 anos para o traçado das curvas (Estimativa aos 5 anos e Modelo aos 9,5 anos).

Profund.(mm)	**% Cl - (5anos)**	**% Cl – (9,5 anos)**	**Profund.(mm)**	**% Cl - (5anos)**	**% Cl – (9,5 anos)**
0	0,28800	0,41900	23	0,13759	0,26193
1	0,28091	0,41190	24	0,13214	0,25566
2	0,27382	0,40480	25	0,12681	0,24946
3	0,26675	0,39771	26	0,12161	0,24332
4	0,25970	0,39063	27	0,11653	0,23726
5	0,25268	0,38356	28	0,11159	0,23127
6	0,24569	0,37650	29	0,10677	0,22536
7	0,23873	0,36947	30	0,10208	0,21953
8	0,23183	0,36246	31	0,09753	0,21377
9	0,22498	0,35547	32	0,09311	0,20809
10	0,21818	0,34851	33	0,08882	0,20249
11	0,21145	0,34158	34	0,08466	0,19698
12	0,20479	0,33469	35	0,08064	0,19155
13	0,19821	0,32783	36	0,07675	0,18621
14	0,19171	0,32102	37	0,07299	0,18095
15	0,18529	0,31425	38	0,06936	0,17578
16	0,17897	0,30752	39	0,06586	0,17070
17	0,17274	0,30084	40	0,06249	0,16570
18	0,16661	0,29421	41	0,05924	0,16080
19	0,16058	0,28764	42	0,05612	0,15598
20	0,15466	0,28112	43	0,05312	0,15126
21	0,14886	0,27466	44	0,05024	0,14662
22	0,14317	0,26826	45	0,04747	0,14208

Tabela D.30 – Percentuais de cloreto estimados a partir de D aos 9,5 anos para o traçado das curvas (Estimativa aos 5 anos e Modelo aos 9,5 anos).

Profund.(mm)	% Cl - (5anos)	% Cl – (9,5 anos)	Profund.(mm)	% Cl - (5anos)	% Cl – (9,5anos)
46	0,04483	0,13763	90	0,00158	0,02342
47	0,04230	0,13327	91	0,00143	0,02230
48	0,03987	0,12900	92	0,00130	0,02122
49	0,03756	0,12482	93	0,00118	0,02019
50	0,03535	0,12074	94	0,00107	0,01921
51	0,03325	0,11674	95	0,00097	0,01826
52	0,03124	0,11284	96	0,00088	0,01735
53	0,02934	0,10903	97	0,00079	0,01648
54	0,02752	0,10530	98	0,00072	0,01565
55	0,02580	0,10167	99	0,00065	0,01486
56	0,02416	0,09813	100	0,00058	0,01410
57	0,02261	0,09467	101	0,00053	0,01337
58	0,02114	0,09130	102	0,00047	0,01267
59	0,01975	0,08802	103	0,00043	0,01201
60	0,01844	0,08483	104	0,00038	0,01138
61	0,01720	0,08172	105	0,00034	0,01077
62	0,01603	0,07869	106	0,00031	0,01020
63	0,01493	0,07575	107	0,00028	0,00965
64	0,01389	0,07289	108	0,00025	0,00912
65	0,01291	0,07011	109	0,00022	0,00862
66	0,01199	0,06741	110	0,00020	0,00815
67	0,01113	0,06480	111	0,00018	0,00770
68	0,01032	0,06226	112	0,00016	0,00727
69	0,00956	0,05979	113	0,00014	0,00686
70	0,00885	0,05740	114	0,00012	0,00647
71	0,00818	0,05509	115	0,00011	0,00610
72	0,00756	0,05285	116	0,00010	0,00575
73	0,00698	0,05068	117	0,00009	0,00542
74	0,00644	0,04858	118	0,00008	0,00511
75	0,00594	0,04655	119	0,00007	0,00481
76	0,00547	0,04459	120	0,00006	0,00452
77	0,00503	0,04269			
78	0,00463	0,04086			
79	0,00425	0,03909			
80	0,00390	0,03739			
81	0,00358	0,03574			
82	0,00328	0,03415			
83	0,00300	0,03263			
84	0,00274	0,03115			
85	0,00251	0,02973			
86	0,00229	0,02837			
87	0,00209	0,02706			
88	0,00190	0,02580			
89	0,00173	0,02458			

Tabela D.31 – Estimativa de D para o traçado da curva modelo aos 5 anos (idade de 5 anos) considerando keq.

$Cs = kt^{1/2} =$	$0{,}136(4{,}5)^{1/2}$	0,288
$Mt = 1/2kt(\pi D)^{1/2}$	9,336	Csvariando
$Mt = 2Cs(Dt/\pi)^{1/2}$	Para Cs constante	Então:
D. =	$(Mt/2/Cs)^2*\pi/t$	
D. =	182,6603786	mm^2/ano

Tabela D.32 – Estimativa de D para o traçado da curva Estimativa aos 9,5 anos (idade de 5 anos) considerando keq.

$Cs = kt^{1/2} =$	$0{,}136(9{,}5)^{1/2}$	0,419
$Mt = 1/2kt(\pi D)^{1/2}$	19,708	Cs variando
$Mt = 2Cs(Dt/\pi)^{1/2}$	Então:	
D. =	$(Mt/2/Cs)^2*\pi/t$	
D. =	182,6603786	mm^2/ano

Tabela D.33 – Percentuais de cloreto estimados a partir de D aos 5 anos para o traçado das curvas considerando keq (Modelo aos 5 anos e Estimativa aos 9,5 anos).

Profund.(mm)	**% Cl - (5anos)**	**% Cl – (9,5 anos)**	**Profund.(mm)**	**% Cl - (5anos)**	**% Cl – (9,5 anos)**
0	0,22800	0,41900	23	0,13008	0,29172
1	0,22351	0,41333	24	0,12629	0,28648
2	0,21903	0,40765	25	0,12255	0,28127
3	0,21455	0,40198	26	0,11887	0,27611
4	0,21008	0,39632	27	0,11525	0,27098
5	0,20562	0,39066	28	0,11168	0,26589
6	0,20118	0,38501	29	0,10818	0,26084
7	0,19675	0,37937	30	0,10473	0,25583
8	0,19234	0,37374	31	0,10135	0,25087
9	0,18795	0,36812	32	0,09803	0,24595
10	0,18358	0,36252	33	0,09478	0,24108
11	0,17924	0,35694	34	0,09159	0,23625
12	0,17493	0,35137	35	0,08847	0,23147
13	0,17066	0,34582	36	0,08541	0,22674
14	0,16641	0,34029	37	0,08242	0,22205
15	0,16220	0,33479	38	0,07949	0,21742
16	0,15803	0,32931	39	0,07663	0,21284
17	0,15390	0,32385	40	0,07384	0,20830
18	0,14981	0,31842	41	0,07112	0,20382
19	0,14577	0,31302	42	0,06846	0,19940
20	0,14178	0,30765	43	0,06587	0,19502
21	0,13783	0,30230	44	0,06335	0,19070
22	0,13393	0,29700	45	0,06089	0,18643

Tabela D.33 – Percentuais de cloreto estimados a partir de D aos 5 anos para o traçado das curvas considerando keq (Modelo aos 5 anos e Estimativa aos 9,5 anos).

Profund.(mm)	% Cl - (5anos)	% Cl – (9,5 anos)	Profund.(mm)	% Cl - (5anos)	% Cl – (9,5 anos)
46	0,05850	0,18222	90	0,00603	0,05304
47	0,05617	0,17807	91	0,00566	0,05129
48	0,05392	0,17397	92	0,00530	0,04960
49	0,05172	0,16992	93	0,00497	0,04794
50	0,04959	0,16594	94	0,00466	0,04633
51	0,04753	0,16201	95	0,00436	0,04476
52	0,04552	0,15813	96	0,00408	0,04324
53	0,04358	0,15432	97	0,00382	0,04175
54	0,04170	0,15056	98	0,00357	0,04031
55	0,03989	0,14686	99	0,00333	0,03891
56	0,03813	0,14322	100	0,00311	0,03755
57	0,03643	0,13964	101	0,00290	0,03622
58	0,03479	0,13611	102	0,00271	0,03494
59	0,03320	0,13265	103	0,00252	0,03369
60	0,03167	0,12924	104	0,00235	0,03247
61	0,03020	0,12589	105	0,00219	0,03130
62	0,02878	0,12260	106	0,00204	0,03016
63	0,02741	0,11937	107	0,00190	0,02905
64	0,02610	0,11619	108	0,00176	0,02797
65	0,02483	0,11308	109	0,00164	0,02693
66	0,02361	0,11002	110	0,00152	0,02592
67	0,02244	0,10702	111	0,00141	0,02495
68	0,02132	0,10407	112	0,00131	0,02400
69	0,02025	0,10119	113	0,00121	0,02308
70	0,01921	0,09836	114	0,00112	0,02220
71	0,01822	0,09558	115	0,00104	0,02134
72	0,01728	0,09287	116	0,00096	0,02051
73	0,01637	0,09021	117	0,00089	0,01971
74	0,01550	0,08760	118	0,00082	0,01893
75	0,01467	0,08505	119	0,00076	0,01818
76	0,01388	0,08255	120	0,00070	0,01745
77	0,01312	0,08011			
78	0,01240	0,07772			
79	0,01171	0,07539			
80	0,01105	0,07310			
81	0,01043	0,07087			
82	0,00983	0,06869			
83	0,00927	0,06656			
84	0,00873	0,06449			
85	0,00822	0,06246			
86	0,00773	0,06048			
87	0,00727	0,05855			
88	0,00683	0,05666			
89	0,00642	0,05483			

Tabela D.34 – Estimativa de D para o traçado da curva Estimativa aos 5 anos (idade de 9,5 anos) considerando keq.

$Cs = kt^{1/2} =$	$0{,}136(4{,}5)^{1/2}$	0,288
$Mt = 1/2kt(\pi D)^{1/2}$	8,173	Csvariando
$Mt = 2Cs(Dt/\pi)^{1/2}$	Para Cs constante	Então:
D. =	$(Mt/2/Cs)^2*\pi/t$	
D. =	139,9873754	mm^2/ano

Tabela D.35 – Estimativa de D para o traçado da curva modelo aos 9,5 anos (idade de 9,5 anos) considerando keq.

$Cs = kt^{1/2} =$	$0{,}136(9{,}5)^{1/2}$	0,419
$Mt = 1/2kt(\pi D)^{1/2}$	17,253	Cs variando
$Mt = 2Cs(Dt/\pi)^{1/2}$	Então:	
D. =	$(Mt/2/Cs)^2*\pi/t$	
D. =	139,9873754	mm^2/ano

Tabela D.36 – Percentuais de cloreto estimados a partir de D aos 9,5 anos para o traçado das curvas considerando keq (Estimativa aos 5 anos e Modelo aos 9,5 anos).

Profund.(mm)	**% Cl - (5anos)**	**% Cl – (9,5 anos)**	**Profund.(mm)**	**% Cl - (5anos)**	**% Cl – (9,5 anos)**
0	0,28800	0,41900	23	0,14890	0,27470
1	0,28153	0,41252	24	0,14370	0,26886
2	0,27506	0,40604	25	0,13859	0,26307
3	0,26860	0,39956	26	0,13359	0,25733
4	0,26216	0,39310	27	0,12869	0,25165
5	0,25574	0,38664	28	0,12390	0,24603
6	0,24934	0,38019	29	0,11921	0,24047
7	0,24297	0,37376	30	0,11462	0,23496
8	0,23664	0,36735	31	0,11015	0,22952
9	0,23035	0,36095	32	0,10578	0,22414
10	0,22411	0,35458	33	0,10153	0,21883
11	0,21791	0,34823	34	0,09738	0,21358
12	0,21177	0,34191	35	0,09334	0,20839
13	0,20568	0,33561	36	0,08942	0,20328
14	0,19966	0,32935	37	0,08560	0,19823
15	0,19371	0,32312	38	0,08190	0,19326
16	0,18782	0,31692	39	0,07830	0,18835
17	0,18201	0,31076	40	0,07482	0,18352
18	0,17628	0,30464	41	0,07144	0,17875
19	0,17063	0,29857	42	0,06817	0,17406
20	0,16506	0,29253	43	0,06501	0,16945
21	0,15958	0,28654	44	0,06195	0,16491
22	0,15419	0,28060	45	0,05900	0,16044

Tabela D.36 – Percentuais de cloreto estimados a partir de D aos 9,5 anos para o traçado das curvas considerando keq (Estimativa aos 5 anos e Modelo aos 9,5 anos).

Profund.(mm)	% Cl - (5anos)	% Cl – (9,5 anos)	Profund.(mm)	% Cl - (5anos)	% Cl – (9,5 anos)
46	0,05616	0,15605	90	0,00323	0,03393
47	0,05341	0,15173	91	0,00298	0,03253
48	0,05077	0,14749	92	0,00275	0,03119
49	0,04822	0,14332	93	0,00253	0,02989
50	0,04577	0,13923	94	0,00233	0,02864
51	0,04342	0,13522	95	0,00214	0,02743
52	0,04116	0,13128	96	0,00197	0,02626
53	0,03899	0,12742	97	0,00181	0,02514
54	0,03691	0,12363	98	0,00166	0,02405
55	0,03492	0,11993	99	0,00152	0,02301
56	0,03302	0,11629	100	0,00139	0,02200
57	0,03119	0,11274	101	0,00128	0,02103
58	0,02945	0,10925	102	0,00117	0,02009
59	0,02778	0,10585	103	0,00107	0,01919
60	0,02619	0,10252	104	0,00098	0,01833
61	0,02468	0,09926	105	0,00089	0,01750
62	0,02324	0,09607	106	0,00081	0,01670
63	0,02186	0,09296	107	0,00074	0,01593
64	0,02056	0,08993	108	0,00068	0,01519
65	0,01931	0,08696	109	0,00061	0,01448
66	0,01813	0,08407	110	0,00056	0,01380
67	0,01702	0,08124	111	0,00051	0,01315
68	0,01595	0,07849	112	0,00046	0,01252
69	0,01495	0,07581	113	0,00042	0,01192
70	0,01400	0,07319	114	0,00038	0,01134
71	0,01310	0,07065	115	0,00034	0,01079
72	0,01224	0,06817	116	0,00031	0,01026
73	0,01144	0,06575	117	0,00028	0,00976
74	0,01068	0,06341	118	0,00026	0,00928
75	0,00997	0,06112	119	0,00023	0,00881
76	0,00929	0,05890	120	0,00021	0,00837
77	0,00866	0,05674			
78	0,00806	0,05465			
79	0,00750	0,05261			
80	0,00697	0,05064			
81	0,00648	0,04872			
82	0,00601	0,04686			
83	0,00558	0,04506			
84	0,00517	0,04331			
85	0,00479	0,04162			
86	0,00443	0,03998			
87	0,00410	0,03839			
88	0,00379	0,03685			
89	0,00350	0,03536			

MICRO-AMBIENTE MLOI

Tabela D.37 – Estimativa de D para o traçado da curva modelo aos 5 anos (idade de 5 anos)

$Cs = kt^{1/2} =$	$0,203(4,5)^{1/2}$	0,431
$Mt = 1/2kt(\pi D)^{1/2}$	11,013	Csvariando
$Mt = 2Cs(Dt/\pi)^{1/2}$	Para Cs constante	Então:
D. =	$(Mt/2/Cs)^2*\pi/t$	
D. =	114,0889517	mm^2/ano

Tabela D.38 – Estimativa de D para o traçado da curva Estimativa aos 9,5 anos (idade de 5 anos)

$Cs = kt^{1/2} =$	$0,203(9,5)^{1/2}$	0,626
$Mt = 1/2kt(\pi D)^{1/2}$	23,249	Cs variando
$Mt = 2Cs(Dt/\pi)^{1/2}$	Então:	
D. =	$(Mt/2/Cs)^2*\pi/t$	
D. =	114,0889517	mm^2/ano

Tabela D.39 – Percentuais de cloreto estimados a partir de D aos 5 anos para o traçado das curvas (Modelo aos 5 anos e Estimativa aos 9,5 anos).

Profund.(mm)	**% Cl^- (5anos)**	**% Cl^- (9,5anos)**	**Profund.(mm)**	**% Cl^- (5anos)**	**% Cl^- (9,5anos)**
0	0,43100	0,62600	20	0,22952	0,41786
1	0,42027	0,61527	21	0,22078	0,40812
2	0,40955	0,60455	22	0,21221	0,39848
3	0,39885	0,59384	23	0,20382	0,38894
4	0,38818	0,58314	24	0,19562	0,37949
5	0,37756	0,57246	25	0,18761	0,37015
6	0,36698	0,56181	26	0,17979	0,36092
7	0,35647	0,55119	27	0,17216	0,35179
8	0,34603	0,54060	28	0,16474	0,34278
9	0,33567	0,53005	29	0,15751	0,33389
10	0,32540	0,51954	30	0,15049	0,32511
11	0,31523	0,50908	31	0,14367	0,31646
12	0,30517	0,49868	32	0,13705	0,30792
13	0,29522	0,48833	33	0,13063	0,29951
14	0,28540	0,47804	34	0,12442	0,29123
15	0,27571	0,46782	35	0,11840	0,28308
16	0,26617	0,45767	36	0,11259	0,27506
17	0,25677	0,44760	37	0,10698	0,26717
18	0,24752	0,43760	38	0,10157	0,25941
19	0,23844	0,42769	39	0,09636	0,25179

Profund.(mm)	% Cl - (5anos)	% Cl – (9,5anos)	Profund.(mm)	% Cl - (5anos)	% Cl – (9,5anos)
40	0,09134	0,24431	86	0,00314	0,04052
41	0,08651	0,23696	87	0,00286	0,03861
42	0,08187	0,22975	88	0,00260	0,03677
43	0,07742	0,22267	89	0,00236	0,03501
44	0,07315	0,21574	90	0,00214	0,03332
45	0,06905	0,20895	91	0,00195	0,03170
46	0,06514	0,20229	92	0,00176	0,03014
47	0,06139	0,19578	93	0,00160	0,02865
48	0,05782	0,18940	94	0,00144	0,02723
49	0,05440	0,18317	95	0,00131	0,02586
50	0,05115	0,17707	96	0,00118	0,02455
51	0,04805	0,17111	97	0,00106	0,02330
52	0,04510	0,16529	98	0,00096	0,02210
53	0,04229	0,15961	99	0,00086	0,02095
54	0,03963	0,15407	100	0,00078	0,01986
55	0,03710	0,14866	101	0,00070	0,01882
56	0,03471	0,14339	102	0,00063	0,01782
57	0,03244	0,13825	103	0,00056	0,01687
58	0,03030	0,13325	104	0,00051	0,01596
59	0,02827	0,12838	105	0,00045	0,01510
60	0,02635	0,12364	106	0,00041	0,01428
61	0,02455	0,11902	107	0,00036	0,01349
62	0,02285	0,11454	108	0,00032	0,01274
63	0,02124	0,11018	109	0,00029	0,01203
64	0,01974	0,10595	110	0,00026	0,01136
65	0,01832	0,10184	111	0,00023	0,01072
66	0,01699	0,09785	112	0,00020	0,01011
67	0,01575	0,09399	113	0,00018	0,00953
68	0,01458	0,09023	114	0,00016	0,00898
69	0,01349	0,08660	115	0,00014	0,00846
70	0,01247	0,08308	116	0,00013	0,00796
71	0,01151	0,07967	117	0,00011	0,00749
72	0,01062	0,07637	118	0,00010	0,00705
73	0,00979	0,07318	119	0,00009	0,00663
74	0,00902	0,07009	120	0,00008	0,00623
75	0,00830	0,06711			
76	0,00763	0,06423			
77	0,00701	0,06145			
78	0,00643	0,05876			
79	0,00590	0,05617			
80	0,00540	0,05368			
81	0,00495	0,05127			
82	0,00452	0,04895			
83	0,00413	0,04672			
84	0,00377	0,04457			
85	0,00344	0,04251			

Tabela D.40 – Estimativa de D para o traçado da curva Estimativa aos 5 anos (idade de 9,5 anos)

$Cs = kt^{1/2} =$	$0{,}143(4{,}5)^{1/2}$	0,303
$Mt = 1/2kt(\pi D)^{1/2}$	11,391	Csvariando
$Mt = 2Cs(Dt/\pi)^{1/2}$	Para Cs constante	Então:
D. =	$(Mt/2/Cs)^2*\pi/t$	
D. =	245,9630405	mm^2/ano

Tabela D.41 – Estimativa de D para o traçado da curva modelo aos 9,5 anos (idade de 9,5 anos)

$Cs = kt^{1/2} =$	$0{,}143(9{,}5)^{1/2}$	0,441
$Mt = 1/2kt(\pi D)^{1/2}$	24,047	Cs variando
$Mt = 2Cs(Dt/\pi)^{1/2}$	Então:	
D. =	$(Mt/2/Cs)^2*\pi/t$	
D. =	245,9630405	mm^2/ano

Tabela D.42 – Percentuais de cloreto estimados a partir de D aos 9,5 anos para o traçado das curvas (Estimativa aos 5 anos e Modelo aos 9,5 anos).

Profund.(mm)	**% Cl – (5anos)**	**% Cl – (9,5 anos)**	**Profund.(mm)**	**% Cl - (5anos)**	**% Cl – (9,5 anos)**
0	0,30300	0,44100	23	0,18936	0,32481
1	0,29786	0,43585	24	0,18482	0,31996
2	0,29273	0,43071	25	0,18034	0,31513
3	0,28760	0,42556	26	0,17590	0,31033
4	0,28247	0,42042	27	0,17152	0,30556
5	0,27736	0,41529	28	0,16719	0,30081
6	0,27225	0,41016	29	0,16291	0,29609
7	0,26716	0,40503	30	0,15869	0,29140
8	0,26209	0,39992	31	0,15452	0,28674
9	0,25704	0,39481	32	0,15042	0,28211
10	0,25200	0,38971	33	0,14637	0,27752
11	0,24699	0,38462	34	0,14238	0,27295
12	0,24200	0,37955	35	0,13845	0,26842
13	0,23704	0,37449	36	0,13459	0,26392
14	0,23211	0,36944	37	0,13078	0,25946
15	0,22721	0,36441	38	0,12704	0,25503
16	0,22234	0,35939	39	0,12337	0,25064
17	0,21751	0,35439	40	0,11976	0,24628
18	0,21272	0,34941	41	0,11621	0,24196
19	0,20796	0,34445	42	0,11273	0,23768
20	0,20325	0,33951	43	0,10931	0,23344
21	0,19857	0,33459	44	0,10596	0,22924
22	0,19394	0,32969	45	0,10267	0,22507

Tabela D.42 – Percentuais de cloreto estimados a partir de D aos 9,5 anos para o traçado das curvas (Estimativa aos 5 anos e Modelo aos 9,5 anos).

Profund.(mm)	% Cl - (5anos)	% Cl – (9,5 anos)	Profund.(mm)	% Cl - (5anos)	% Cl – (9,5 anos)
46	0,09945	0,22095	89	0,01774	0,08509
47	0,09630	0,21686	90	0,01690	0,08291
48	0,09321	0,21282	91	0,01609	0,08076
49	0,09019	0,20882	92	0,01531	0,07866
50	0,08724	0,20486	93	0,01457	0,07660
51	0,08435	0,20094	94	0,01386	0,07458
52	0,08153	0,19706	95	0,01317	0,07260
53	0,07877	0,19323	96	0,01252	0,07066
54	0,07608	0,18944	97	0,01189	0,06876
55	0,07345	0,18570	98	0,01129	0,06690
56	0,07089	0,18199	99	0,01072	0,06508
57	0,06839	0,17834	100	0,01017	0,06329
58	0,06595	0,17472	101	0,00964	0,06155
59	0,06358	0,17115	102	0,00914	0,05984
60	0,06127	0,16763	103	0,00866	0,05816
61	0,05903	0,16415	104	0,00820	0,05653
62	0,05684	0,16072	105	0,00777	0,05493
63	0,05471	0,15733	106	0,00735	0,05336
64	0,05265	0,15398	107	0,00696	0,05183
65	0,05064	0,15069	108	0,00658	0,05034
66	0,04869	0,14743	109	0,00622	0,04888
67	0,04679	0,14423	110	0,00588	0,04745
68	0,04496	0,14107	111	0,00555	0,04606
69	0,04318	0,13795	112	0,00524	0,04469
70	0,04145	0,13488	113	0,00494	0,04337
71	0,03978	0,13186	114	0,00466	0,04207
72	0,03816	0,12888	115	0,00440	0,04080
73	0,03659	0,12594	116	0,00415	0,03957
74	0,03508	0,12306	117	0,00391	0,03836
75	0,03361	0,12021	118	0,00368	0,03719
76	0,03219	0,11742	119	0,00346	0,03604
77	0,03082	0,11467	120	0,00326	0,03493
78	0,02950	0,11196			
79	0,02822	0,10930			
80	0,02699	0,10668			
81	0,02580	0,10411			
82	0,02465	0,10158			
83	0,02355	0,09909			
84	0,02248	0,09665			
85	0,02146	0,09425			
86	0,02047	0,09190			
87	0,01953	0,08959			
88	0,01861	0,08732			

Tabela D.43 – Estimativa de D para o traçado da curva modelo aos 5 anos (idade de 5 anos) considerando keq.

$Cs = kt^{1/2} =$	$0,162(4,5)^{1/2}$	0,344
$Mt = 1/2kt(\pi D)^{1/2}$	11,018	Csvariando
$Mt = 2Cs(Dt/\pi)^{1/2}$	Para Cs constante	Então:
D. =	$(Mt/2/Cs)^2*\pi/t$	
D. =	179,3166787	mm^2/ano

Tabela D.44 – Estimativa de D para o traçado da curva Estimativa aos 9,5 anos (idade de 5 anos) considerando keq.

$Cs = kt^{1/2} =$	$0,162(9,5)^{1/2}$	0,499
$Mt = 1/2kt(\pi D)^{1/2}$	23,260	Cs variando
$Mt = 2Cs(Dt/\pi)^{1/2}$	Então:	
D. =	$(Mt/2/Cs)^2*\pi/t$	
D. =	179,3166787	mm^2/ano

Tabela D.45 – Percentuais de cloreto estimados a partir de D aos 5 anos para o traçado das curvas considerando keq (Modelo aos 5 anos e Estimativa aos 9,5 anos).

Profund.(mm)	**% Cl - (5anos)**	**% Cl – (9,5 anos)**	**Profund.(mm)**	**% Cl - (5anos)**	**% Cl – (9,5 anos)**
0	0,43100	0,62600	20	0,26661	0,45815
1	0,42244	0,61744	21	0,25910	0,45010
2	0,41389	0,60889	22	0,25168	0,44211
3	0,40534	0,60034	23	0,24436	0,43416
4	0,39682	0,59180	24	0,23715	0,42627
5	0,38831	0,58327	25	0,23004	0,41844
6	0,37983	0,57475	26	0,22304	0,41066
7	0,37138	0,56624	27	0,21616	0,40294
8	0,36297	0,55776	28	0,20938	0,39528
9	0,35460	0,54929	29	0,20273	0,38769
10	0,34627	0,54085	30	0,19619	0,38015
11	0,33800	0,53243	31	0,18977	0,37269
12	0,32978	0,52403	32	0,18348	0,36529
13	0,32163	0,51567	33	0,17731	0,35796
14	0,31354	0,50734	34	0,17126	0,35071
15	0,30552	0,49904	35	0,16534	0,34352
16	0,29757	0,49078	36	0,15955	0,33641
17	0,28971	0,48256	37	0,15388	0,32937
18	0,28192	0,47438	38	0,14835	0,32241
19	0,27422	0,46624	39	0,14294	0,31553

Tabela D.45 – Percentuais de cloreto estimados a partir de D aos 5 anos para o traçado das curvas considerando keq (Modelo aos 5 anos e Estimativa aos 9,5 anos).

Profund.(mm)	% Cl - (5anos)	% Cl – (9,5 anos)	Profund.(mm)	% Cl – (5anos)	% Cl – (9,5 anos)
40	0,13766	0,30872	84	0,01574	0,09398
41	0,13251	0,30199	85	0,01481	0,09097
42	0,12749	0,29535	86	0,01392	0,08805
43	0,12260	0,28878	87	0,01308	0,08519
44	0,11783	0,28230	88	0,01228	0,08241
45	0,11320	0,27590	89	0,01152	0,07970
46	0,10869	0,26959	90	0,01081	0,07706
47	0,10431	0,26336	91	0,01013	0,07449
48	0,10006	0,25721	92	0,00949	0,07198
49	0,09593	0,25115	93	0,00888	0,06955
50	0,09192	0,24518	94	0,00831	0,06717
51	0,08803	0,23929	95	0,00778	0,06487
52	0,08427	0,23350	96	0,00727	0,06262
53	0,08063	0,22779	97	0,00679	0,06044
54	0,07710	0,22216	98	0,00634	0,05832
55	0,07369	0,21663	99	0,00592	0,05626
56	0,07039	0,21118	100	0,00552	0,05426
57	0,06721	0,20583	101	0,00514	0,05231
58	0,06414	0,20056	102	0,00479	0,05043
59	0,06117	0,19538	103	0,00446	0,04860
60	0,05831	0,19029	104	0,00415	0,04682
61	0,05556	0,18529	105	0,00386	0,04510
62	0,05291	0,18038	106	0,00359	0,04342
63	0,05035	0,17556	107	0,00333	0,04180
64	0,04790	0,17082	108	0,00309	0,04024
65	0,04554	0,16617	109	0,00287	0,03871
66	0,04327	0,16162	110	0,00266	0,03724
67	0,04110	0,15714	111	0,00247	0,03582
68	0,03901	0,15276	112	0,00229	0,03444
69	0,03701	0,14846	113	0,00212	0,03310
70	0,03509	0,14425	114	0,00196	0,03181
71	0,03326	0,14012	115	0,00181	0,03056
72	0,03150	0,13608	116	0,00167	0,02935
73	0,02982	0,13213	117	0,00155	0,02818
74	0,02822	0,12825	118	0,00143	0,02705
75	0,02668	0,12446	119	0,00132	0,02596
76	0,02522	0,12076	120	0,00121	0,02491
77	0,02382	0,11713			
78	0,02249	0,11359			
79	0,02122	0,11012			
80	0,02001	0,10674			
81	0,01886	0,10343			
82	0,01777	0,10020			
83	0,01673	0,09705			

Tabela D.46 – Estimativa de D para o traçado da curva Estimativa aos 5 anos (idade de 9,5 anos) considerando keq.

$Cs = kt^{1/2} =$	$0,162(4,5)^{1/2}$	0,344
$Mt = 1/2kt(\pi D)^{1/2}$	11,391	Csvariando
$Mt = 2Cs(Dt/\pi)^{1/2}$	Para Cs constante	Então:
D. =	$(Mt/2/Cs)^2*\pi/t$	
D. =	191,651357	mm^2/ano

Tabela D.47 – Estimativa de D para o traçado da curva modelo aos 9,5 anos (idade de 9,5 anos) considerando keq.

$Cs = kt^{1/2} =$	$0,162(9,5)^{1/2}$	0,499
$Mt = 1/2kt(\pi D)^{1/2}$	24,047	Cs variando
$Mt = 2Cs(Dt/\pi)^{1/2}$	Então:	
D. =	$(Mt/2/Cs)^2*\pi/t$	
D. =	191,6513571	mm^2/ano

Tabela D.48 – Percentuais de cloreto estimados a partir de D aos 9,5 anos para o traçado das curvas considerando keq (Estimativa aos 5 anos e Modelo aos 9,5 anos).

Profund.(mm)	**% Cl - (5anos)**	**% Cl – (9,5 anos)**	**Profund.(mm)**	**% Cl - (5anos)**	**% Cl – (9,5 anos)**
0	0,30300	0,44100	23	0,17565	0,31006
1	0,29718	0,43517	24	0,17069	0,30466
2	0,29136	0,42934	25	0,16580	0,29929
3	0,28555	0,42351	26	0,16098	0,29396
4	0,27975	0,41769	27	0,15623	0,28866
5	0,27396	0,41188	28	0,15156	0,28341
6	0,26819	0,40607	29	0,14696	0,27819
7	0,26244	0,40027	30	0,14244	0,27302
8	0,25672	0,39449	31	0,13799	0,26788
9	0,25102	0,38871	32	0,13362	0,26280
10	0,24535	0,38296	33	0,12934	0,25775
11	0,23971	0,37721	34	0,12513	0,25275
12	0,23411	0,37149	35	0,12101	0,24780
13	0,22854	0,36578	36	0,11697	0,24290
14	0,22302	0,36009	37	0,11302	0,23804
15	0,21755	0,35443	38	0,10914	0,23323
16	0,21212	0,34879	39	0,10536	0,22848
17	0,20674	0,34317	40	0,10165	0,22377
18	0,20141	0,33758	41	0,09803	0,21911
19	0,19614	0,33201	42	0,09450	0,21451
20	0,19093	0,32648	43	0,09105	0,20996
21	0,18577	0,32098	44	0,08769	0,20546
22	0,18068	0,31550	45	0,08441	0,20102

Tabela D.48 – Percentuais de cloreto estimados a partir de D aos 9,5 anos para o traçado das curvas considerando keq (Estimativa aos 5 anos e Modelo aos 9,5 anos).

Profund.(mm)	% Cl - (5anos)	% Cl – (9,5 anos)	Profund.(mm)	% Cl - (5anos)	% Cl – (9,5 anos)
46	0,08122	0,19663	90	0,00916	0,05991
47	0,07811	0,19230	91	0,00862	0,05801
48	0,07508	0,18802	92	0,00810	0,05617
49	0,07213	0,18380	93	0,00762	0,05436
50	0,06927	0,17964	94	0,00716	0,05261
51	0,06649	0,17553	95	0,00672	0,05090
52	0,06380	0,17148	96	0,00630	0,04923
53	0,06118	0,16748	97	0,00591	0,04761
54	0,05864	0,16355	98	0,00554	0,04603
55	0,05618	0,15967	99	0,00519	0,04449
56	0,05379	0,15585	100	0,00486	0,04299
57	0,05149	0,15209	101	0,00455	0,04153
58	0,04925	0,14838	102	0,00426	0,04012
59	0,04710	0,14474	103	0,00398	0,03874
60	0,04501	0,14115	104	0,00372	0,03740
61	0,04299	0,13763	105	0,00347	0,03610
62	0,04105	0,13416	106	0,00324	0,03483
63	0,03917	0,13075	107	0,00303	0,03360
64	0,03736	0,12739	108	0,00282	0,03241
65	0,03562	0,12410	109	0,00263	0,03125
66	0,03394	0,12087	110	0,00245	0,03013
67	0,03233	0,11769	111	0,00228	0,02904
68	0,03077	0,11457	112	0,00212	0,02798
69	0,02928	0,11151	113	0,00197	0,02696
70	0,02785	0,10850	114	0,00183	0,02596
71	0,02647	0,10556	115	0,00170	0,02500
72	0,02514	0,10267	116	0,00158	0,02406
73	0,02388	0,09983	117	0,00147	0,02316
74	0,02266	0,09706	118	0,00136	0,02228
75	0,02149	0,09434	119	0,00126	0,02144
76	0,02038	0,09167	120	0,00117	0,02061
77	0,01931	0,08906			
78	0,01829	0,08650			
79	0,01732	0,08400			
80	0,01638	0,08155			
81	0,01549	0,07916			
82	0,01465	0,07682			
83	0,01384	0,07453			
84	0,01306	0,07229			
85	0,01233	0,07010			
86	0,01163	0,06796			
87	0,01097	0,06587			
88	0,01033	0,06384			
89	0,00973	0,06185			

ANEXO E – Estimativa do comportamento do teor de cloretos nos tetrápodes ao longo da profundidade considerando Cs fixo de 0,588% em relação a massa do concreto nas idades de Cs fixo, 50 anos, 100 anos e 200 anos de exposição.

MICRO-AMBIENTE MLLS

Tabela E.1 – Estimativa do comportamento do teor de cloretos nos tetrápodes ao longo da profundidade considerando Cs fixo de 0,588% na idade de 5 anos.

Profund. (mm)	$t_{Csmáx.}$ 27,08 anos	50 anos	100 anos	200 anos	Profund. (mm)	$t_{Csmáx.}$ 27,08 anos	50 anos	100 anos	200 anos
0	0,588	0,588	0,588	0,588	37	0,372	0,445	0,492	0,522
1	0,582	0,584	0,585	0,586	38	0,367	0,441	0,489	0,520
2	0,576	0,580	0,583	0,584	39	0,361	0,437	0,487	0,518
3	0,570	0,576	0,580	0,583	40	0,356	0,433	0,484	0,516
4	0,564	0,572	0,578	0,581	41	0,351	0,430	0,482	0,515
5	0,558	0,568	0,575	0,579	42	0,345	0,426	0,479	0,513
6	0,552	0,564	0,572	0,577	43	0,340	0,422	0,477	0,511
7	0,546	0,560	0,570	0,575	44	0,335	0,419	0,474	0,509
8	0,540	0,557	0,567	0,574	45	0,330	0,415	0,471	0,507
9	0,534	0,553	0,564	0,572	46	0,325	0,411	0,469	0,506
10	0,528	0,549	0,562	0,570	47	0,320	0,408	0,466	0,504
11	0,522	0,545	0,559	0,568	48	0,315	0,404	0,464	0,502
12	0,516	0,541	0,557	0,566	49	0,310	0,400	0,461	0,500
13	0,510	0,537	0,554	0,565	50	0,305	0,397	0,459	0,499
14	0,504	0,533	0,551	0,563	51	0,300	0,393	0,456	0,497
15	0,498	0,529	0,549	0,561	52	0,295	0,390	0,454	0,495
16	0,492	0,525	0,546	0,559	53	0,290	0,386	0,451	0,493
17	0,486	0,521	0,544	0,557	54	0,285	0,383	0,449	0,492
18	0,480	0,517	0,541	0,556	55	0,281	0,379	0,446	0,490
19	0,474	0,514	0,538	0,554	56	0,276	0,375	0,444	0,488
20	0,468	0,510	0,536	0,552	57	0,271	0,372	0,441	0,486
21	0,462	0,506	0,533	0,550	58	0,267	0,368	0,439	0,484
22	0,456	0,502	0,531	0,548	59	0,262	0,365	0,436	0,483
23	0,451	0,498	0,528	0,547	60	0,258	0,361	0,434	0,481
24	0,445	0,494	0,525	0,545	61	0,253	0,358	0,431	0,479
25	0,439	0,490	0,523	0,543	62	0,249	0,355	0,429	0,477
26	0,433	0,486	0,520	0,541	63	0,244	0,351	0,426	0,476
27	0,428	0,483	0,518	0,540	64	0,240	0,348	0,424	0,474
28	0,422	0,479	0,515	0,538	65	0,236	0,344	0,422	0,472
29	0,416	0,475	0,512	0,536	66	0,232	0,341	0,419	0,470
30	0,411	0,471	0,510	0,534	67	0,227	0,338	0,417	0,469
31	0,405	0,467	0,507	0,532	68	0,223	0,334	0,414	0,467
32	0,399	0,464	0,505	0,531	69	0,219	0,331	0,412	0,465
33	0,394	0,460	0,502	0,529	70	0,215	0,328	0,409	0,464
34	0,388	0,456	0,500	0,527	71	0,211	0,324	0,407	0,462
35	0,383	0,452	0,497	0,525	72	0,207	0,321	0,405	0,460
36	0,377	0,448	0,494	0,523	73	0,203	0,318	0,402	0,458

Tabela E.1 – Estimativa do comportamento do teor de cloretos nos tetrápodes ao longo da profundidade considerando Cs fixo de 0,588% na idade de 5 anos.

Profund. (mm)	**$t_{Csmáx.}$ 27,08 anos**	**50 anos**	**100 anos**	**200 anos**	**Profund. (mm)**	**$t_{Csmáx.}$ 27,08 anos**	**50 anos**	**100 anos**	**200 anos**
74	0,199	0,314	0,400	0,457	117	0,077	0,192	0,302	0,384
75	0,196	0,311	0,397	0,455	118	0,075	0,189	0,300	0,383
76	0,192	0,308	0,395	0,453	119	0,073	0,187	0,298	0,381
77	0,188	0,305	0,392	0,451	120	0,071	0,185	0,296	0,379
78	0,184	0,302	0,390	0,450					
79	0,181	0,298	0,388	0,448					
80	0,177	0,295	0,385	0,446					
81	0,174	0,292	0,383	0,445					
82	0,170	0,289	0,381	0,443					
83	0,167	0,286	0,378	0,441					
84	0,163	0,283	0,376	0,439					
85	0,160	0,280	0,374	0,438					
86	0,157	0,277	0,371	0,436					
87	0,153	0,274	0,369	0,434					
88	0,150	0,271	0,367	0,433					
89	0,147	0,268	0,364	0,431					
90	0,144	0,265	0,362	0,429					
91	0,141	0,262	0,360	0,428					
92	0,138	0,259	0,357	0,426					
93	0,135	0,256	0,355	0,424					
94	0,132	0,253	0,353	0,422					
95	0,129	0,250	0,351	0,421					
96	0,126	0,247	0,348	0,419					
97	0,124	0,244	0,346	0,417					
98	0,121	0,242	0,344	0,416					
99	0,118	0,239	0,341	0,414					
100	0,115	0,236	0,339	0,412					
101	0,113	0,233	0,337	0,411					
102	0,110	0,231	0,335	0,409					
103	0,108	0,228	0,333	0,407					
104	0,105	0,225	0,330	0,406					
105	0,103	0,222	0,328	0,404					
106	0,100	0,220	0,326	0,402					
107	0,098	0,217	0,324	0,401					
108	0,096	0,215	0,322	0,399					
109	0,094	0,212	0,319	0,397					
110	0,091	0,209	0,317	0,396					
111	0,089	0,207	0,315	0,394					
112	0,087	0,204	0,313	0,392					
113	0,085	0,202	0,311	0,391					
114	0,083	0,199	0,309	0,389					
115	0,081	0,197	0,306	0,388					
116	0,079	0,194	0,304	0,386					

MICRO-AMBIENTE MLLS

Tabela E.2 – Estimativa do comportamento do teor de cloretos nos tetrápodes ao longo da profundidade considerando Cs fixo de 0,588% na idade de 9,5 anos.

Profund. (mm)	$t_{Csmáx.}$ 17,64 anos	50 anos	100 anos	200 anos	Profund. (mm)	$t_{Csmáx.}$ 17,64 anos	50 anos	100 anos	200 anos
0	0,588	0,588	0,588	0,588	37	0,285	0,427	0,477	0,511
1	0,579	0,584	0,585	0,586	38	0,278	0,423	0,474	0,509
2	0,570	0,579	0,582	0,584	39	0,272	0,419	0,471	0,506
3	0,561	0,575	0,579	0,582	40	0,265	0,415	0,468	0,504
4	0,553	0,570	0,576	0,580	41	0,258	0,410	0,465	0,502
5	0,544	0,566	0,573	0,577	42	0,252	0,406	0,463	0,500
6	0,535	0,561	0,570	0,575	43	0,245	0,402	0,460	0,498
7	0,526	0,557	0,567	0,573	44	0,239	0,398	0,457	0,496
8	0,517	0,553	0,564	0,571	45	0,233	0,394	0,454	0,494
9	0,509	0,548	0,561	0,569	46	0,227	0,390	0,451	0,492
10	0,500	0,544	0,558	0,567	47	0,221	0,386	0,448	0,490
11	0,491	0,539	0,555	0,565	48	0,215	0,382	0,445	0,488
12	0,483	0,535	0,552	0,563	49	0,209	0,378	0,442	0,486
13	0,474	0,530	0,549	0,561	50	0,203	0,374	0,439	0,484
14	0,466	0,526	0,546	0,559	51	0,198	0,370	0,437	0,482
15	0,457	0,522	0,543	0,557	52	0,192	0,366	0,434	0,480
16	0,449	0,517	0,540	0,554	53	0,187	0,362	0,431	0,478
17	0,440	0,513	0,537	0,552	54	0,181	0,358	0,428	0,476
18	0,432	0,508	0,534	0,550	55	0,176	0,354	0,425	0,474
19	0,423	0,504	0,531	0,548	56	0,171	0,351	0,422	0,472
20	0,415	0,500	0,528	0,546	57	0,166	0,347	0,419	0,470
21	0,407	0,495	0,525	0,544	58	0,161	0,343	0,417	0,468
22	0,399	0,491	0,522	0,542	59	0,156	0,339	0,414	0,465
23	0,391	0,487	0,519	0,540	60	0,152	0,335	0,411	0,463
24	0,383	0,482	0,516	0,538	61	0,147	0,331	0,408	0,461
25	0,375	0,478	0,513	0,536	62	0,142	0,328	0,405	0,459
26	0,367	0,474	0,510	0,534	63	0,138	0,324	0,403	0,457
27	0,359	0,469	0,507	0,531	64	0,134	0,320	0,400	0,455
28	0,351	0,465	0,504	0,529	65	0,129	0,317	0,397	0,453
29	0,344	0,461	0,501	0,527	66	0,125	0,313	0,394	0,451
30	0,336	0,457	0,498	0,525	67	0,121	0,309	0,392	0,449
31	0,329	0,452	0,495	0,523	68	0,117	0,306	0,389	0,447
32	0,321	0,448	0,492	0,521	69	0,114	0,302	0,386	0,445
33	0,314	0,444	0,489	0,519	70	0,110	0,298	0,383	0,443
34	0,307	0,440	0,486	0,517	71	0,106	0,295	0,381	0,441
35	0,299	0,435	0,483	0,515	72	0,103	0,291	0,378	0,439
36	0,292	0,431	0,480	0,513	73	0,099	0,288	0,375	0,437

Tabela E.2 – Estimativa do comportamento do teor de cloretos nos tetrápodes ao longo da profundidade considerando Cs fixo de 0,588% na idade de 9,5 anos.

Profund. (mm)	**$t_{Csmáx.}$ 17,64 anos**	**50 anos**	**100 anos**	**200 anos**	**Profund. (mm)**	**$t_{Csmáx.}$ 17,64 anos**	**50 anos**	**100 anos**	**200 anos**
74	0,096	0,284	0,372	0,435	117	0,016	0,158	0,265	0,353
75	0,092	0,281	0,370	0,433	118	0,015	0,155	0,263	0,351
76	0,089	0,277	0,367	0,431	119	0,015	0,153	0,261	0,349
77	0,086	0,274	0,364	0,429	120	0,014	0,151	0,258	0,348
78	0,083	0,271	0,362	0,427					
79	0,080	0,267	0,359	0,425					
80	0,077	0,264	0,356	0,423					
81	0,074	0,261	0,354	0,422					
82	0,072	0,257	0,351	0,420					
83	0,069	0,254	0,348	0,418					
84	0,066	0,251	0,346	0,416					
85	0,064	0,248	0,343	0,414					
86	0,062	0,244	0,341	0,412					
87	0,059	0,241	0,338	0,410					
88	0,057	0,238	0,335	0,408					
89	0,055	0,235	0,333	0,406					
90	0,053	0,232	0,330	0,404					
91	0,051	0,229	0,328	0,402					
92	0,049	0,226	0,325	0,400					
93	0,047	0,223	0,323	0,398					
94	0,045	0,220	0,320	0,396					
95	0,043	0,217	0,318	0,394					
96	0,041	0,214	0,315	0,392					
97	0,040	0,211	0,313	0,390					
98	0,038	0,208	0,310	0,389					
99	0,036	0,205	0,308	0,387					
100	0,035	0,202	0,305	0,385					
101	0,033	0,199	0,303	0,383					
102	0,032	0,197	0,300	0,381					
103	0,031	0,194	0,298	0,379					
104	0,029	0,191	0,296	0,377					
105	0,028	0,188	0,293	0,375					
106	0,027	0,186	0,291	0,373					
107	0,026	0,183	0,288	0,372					
108	0,024	0,180	0,286	0,370					
109	0,023	0,178	0,284	0,368					
110	0,022	0,175	0,281	0,366					
111	0,021	0,173	0,279	0,364					
112	0,020	0,170	0,277	0,362					
113	0,019	0,167	0,274	0,360					
114	0,019	0,165	0,272	0,359					
115	0,018	0,163	0,270	0,357					
116	0,017	0,160	0,267	0,355					

MICRO-AMBIENTE MLLS

Tabela E.3 – Estimativa do comportamento do teor de cloretos nos tetrápodes ao longo da profundidade considerando Cs fixo de 0,588% na idade de 5 anos considerando keq.

Profund. (mm)	$t_{Csmáx.}$ 20,15 anos	50 anos	100 anos	200 anos	Profund. (mm)	$t_{Csmáx.}$ 20,15 anos	50 anos	100 anos	200 anos
0	0,588	0,588	0,588	0,588	37	0,306	0,428	0,478	0,512
1	0,580	0,584	0,585	0,586	38	0,300	0,424	0,475	0,510
2	0,572	0,579	0,582	0,584	39	0,293	0,420	0,473	0,508
3	0,564	0,575	0,579	0,582	40	0,287	0,415	0,470	0,506
4	0,555	0,570	0,576	0,580	41	0,280	0,411	0,467	0,504
5	0,547	0,566	0,573	0,578	42	0,274	0,407	0,464	0,501
6	0,539	0,562	0,570	0,576	43	0,268	0,403	0,461	0,499
7	0,531	0,557	0,567	0,574	44	0,262	0,399	0,458	0,497
8	0,523	0,553	0,564	0,571	45	0,256	0,395	0,455	0,495
9	0,515	0,548	0,561	0,569	46	0,250	0,391	0,452	0,493
10	0,507	0,544	0,558	0,567	47	0,244	0,387	0,450	0,491
11	0,499	0,539	0,555	0,565	48	0,238	0,383	0,447	0,489
12	0,491	0,535	0,552	0,563	49	0,232	0,379	0,444	0,487
13	0,483	0,531	0,549	0,561	50	0,227	0,375	0,441	0,485
14	0,475	0,526	0,546	0,559	51	0,221	0,371	0,438	0,483
15	0,467	0,522	0,543	0,557	52	0,216	0,367	0,435	0,481
16	0,459	0,518	0,540	0,555	53	0,210	0,363	0,432	0,479
17	0,452	0,513	0,537	0,553	54	0,205	0,359	0,430	0,477
18	0,444	0,509	0,534	0,551	55	0,200	0,355	0,427	0,475
19	0,436	0,505	0,531	0,549	56	0,195	0,352	0,424	0,473
20	0,428	0,500	0,528	0,547	57	0,190	0,348	0,421	0,471
21	0,421	0,496	0,525	0,545	58	0,185	0,344	0,418	0,469
22	0,413	0,492	0,522	0,542	59	0,180	0,340	0,416	0,467
23	0,406	0,487	0,519	0,540	60	0,175	0,336	0,413	0,465
24	0,398	0,483	0,517	0,538	61	0,170	0,333	0,410	0,463
25	0,391	0,479	0,514	0,536	62	0,166	0,329	0,407	0,461
26	0,383	0,474	0,511	0,534	63	0,161	0,325	0,405	0,459
27	0,376	0,470	0,508	0,532	64	0,157	0,321	0,402	0,457
28	0,369	0,466	0,505	0,530	65	0,152	0,318	0,399	0,455
29	0,361	0,461	0,502	0,528	66	0,148	0,314	0,396	0,453
30	0,354	0,457	0,499	0,526	67	0,144	0,311	0,394	0,451
31	0,347	0,453	0,496	0,524	68	0,140	0,307	0,391	0,449
32	0,340	0,449	0,493	0,522	69	0,136	0,303	0,388	0,447
33	0,333	0,445	0,490	0,520	70	0,132	0,300	0,385	0,445
34	0,326	0,440	0,487	0,518	71	0,128	0,296	0,383	0,443
35	0,320	0,436	0,484	0,516	72	0,124	0,293	0,380	0,441
36	0,313	0,432	0,481	0,514	73	0,121	0,289	0,377	0,439

Tabela E.3 – Estimativa do comportamento do teor de cloretos nos tetrápodes ao longo da profundidade considerando Cs fixo de 0,588% na idade de 5 anos considerando keq.

Profund. (mm)	**$t_{Cs máx.}$ 20,15 anos**	**50 anos**	**100 anos**	**200 anos**	**Profund. (mm)**	**$t_{Cs máx.}$ 20,15 anos**	**50 anos**	**100 Anos**	**200 anos**
74	0,117	0,286	0,375	0,437	117	0,025	0,159	0,268	0,356
75	0,113	0,282	0,372	0,435	118	0,024	0,157	0,266	0,354
76	0,110	0,279	0,369	0,433	119	0,023	0,154	0,264	0,352
77	0,107	0,275	0,367	0,432	120	0,022	0,152	0,261	0,351
78	0,103	0,272	0,364	0,430					
79	0,100	0,269	0,361	0,428					
80	0,097	0,265	0,359	0,426					
81	0,094	0,262	0,356	0,424					
82	0,091	0,259	0,354	0,422					
83	0,088	0,255	0,351	0,420					
84	0,085	0,252	0,348	0,418					
85	0,082	0,249	0,346	0,416					
86	0,080	0,246	0,343	0,414					
87	0,077	0,243	0,341	0,412					
88	0,074	0,240	0,338	0,410					
89	0,072	0,236	0,335	0,408					
90	0,069	0,233	0,333	0,406					
91	0,067	0,230	0,330	0,404					
92	0,065	0,227	0,328	0,403					
93	0,063	0,224	0,325	0,401					
94	0,060	0,221	0,323	0,399					
95	0,058	0,218	0,320	0,397					
96	0,056	0,215	0,318	0,395					
97	0,054	0,212	0,315	0,393					
98	0,052	0,209	0,313	0,391					
99	0,050	0,207	0,310	0,389					
100	0,049	0,204	0,308	0,387					
101	0,047	0,201	0,306	0,385					
102	0,045	0,198	0,303	0,384					
103	0,043	0,195	0,301	0,382					
104	0,042	0,193	0,298	0,380					
105	0,040	0,190	0,296	0,378					
106	0,039	0,187	0,294	0,376					
107	0,037	0,184	0,291	0,374					
108	0,036	0,182	0,289	0,372					
109	0,034	0,179	0,286	0,371					
110	0,033	0,177	0,284	0,369					
111	0,032	0,174	0,282	0,367					
112	0,030	0,171	0,279	0,365					
113	0,029	0,169	0,277	0,363					
114	0,028	0,166	0,275	0,361					
115	0,027	0,164	0,273	0,360					
116	0,026	0,162	0,270	0,358					

MICRO-AMBIENTE MLLS

Tabela E.4 – Estimativa do comportamento do teor de cloretos nos tetrápodes ao longo da profundidade considerando Cs fixo de 0,588% na idade de 9,5 anos considerando keq.

Profund. (mm)	$t_{Csmáx.}$ 20,15 anos	50 anos	100 anos	200 anos	Profund. (mm)	$t_{Csmáx.}$ 20,15 anos	50 anos	100 Anos	200 anos
0	0,588	0,588	0,588	0,588	37	0,318	0,435	0,484	0,515
1	0,580	0,584	0,585	0,586	38	0,312	0,431	0,481	0,513
2	0,573	0,580	0,582	0,584	39	0,305	0,427	0,478	0,511
3	0,565	0,575	0,579	0,582	40	0,299	0,423	0,475	0,510
4	0,557	0,571	0,577	0,580	41	0,293	0,419	0,473	0,508
5	0,549	0,567	0,574	0,578	42	0,287	0,416	0,470	0,506
6	0,542	0,563	0,571	0,576	43	0,281	0,412	0,467	0,504
7	0,534	0,559	0,568	0,574	44	0,275	0,408	0,464	0,502
8	0,526	0,554	0,565	0,572	45	0,269	0,404	0,462	0,500
9	0,519	0,550	0,562	0,570	46	0,263	0,400	0,459	0,498
10	0,511	0,546	0,560	0,568	47	0,257	0,396	0,456	0,496
11	0,503	0,542	0,557	0,566	48	0,252	0,392	0,453	0,494
12	0,496	0,538	0,554	0,564	49	0,246	0,389	0,451	0,492
13	0,488	0,533	0,551	0,562	50	0,240	0,385	0,448	0,490
14	0,480	0,529	0,548	0,560	51	0,235	0,381	0,445	0,488
15	0,473	0,525	0,545	0,558	52	0,230	0,377	0,442	0,486
16	0,465	0,521	0,543	0,556	53	0,224	0,373	0,440	0,484
17	0,458	0,517	0,540	0,555	54	0,219	0,370	0,437	0,482
18	0,451	0,513	0,537	0,553	55	0,214	0,366	0,434	0,481
19	0,443	0,509	0,534	0,551	56	0,209	0,362	0,432	0,479
20	0,436	0,504	0,531	0,549	57	0,204	0,358	0,429	0,477
21	0,428	0,500	0,528	0,547	58	0,199	0,355	0,426	0,475
22	0,421	0,496	0,526	0,545	59	0,194	0,351	0,424	0,473
23	0,414	0,492	0,523	0,543	60	0,189	0,347	0,421	0,471
24	0,407	0,488	0,520	0,541	61	0,184	0,344	0,418	0,469
25	0,400	0,484	0,517	0,539	62	0,180	0,340	0,416	0,467
26	0,393	0,480	0,514	0,537	63	0,175	0,337	0,413	0,465
27	0,386	0,476	0,512	0,535	64	0,171	0,333	0,410	0,463
28	0,379	0,472	0,509	0,533	65	0,166	0,330	0,408	0,461
29	0,372	0,467	0,506	0,531	66	0,162	0,326	0,405	0,460
30	0,365	0,463	0,503	0,529	67	0,158	0,322	0,403	0,458
31	0,358	0,459	0,500	0,527	68	0,154	0,319	0,400	0,456
32	0,351	0,455	0,498	0,525	69	0,150	0,315	0,397	0,454
33	0,344	0,451	0,495	0,523	70	0,146	0,312	0,395	0,452
34	0,338	0,447	0,492	0,521	71	0,142	0,309	0,392	0,450
35	0,331	0,443	0,489	0,519	72	0,138	0,305	0,390	0,448
36	0,325	0,439	0,486	0,517	73	0,134	0,302	0,387	0,446

Tabela E.4 – Estimativa do comportamento do teor de cloretos nos tetrápodes ao longo da profundidade considerando Cs fixo de 0,588% na idade de 9,5 anos considerando keq.

Profund. (mm)	**$t_{Csmáx.}$ 20,15 anos**	**50 anos**	**100 anos**	**200 anos**	**Profund. (mm)**	**$t_{Csmáx.}$ 20,15 anos**	**50 anos**	**100 anos**	**200 anos**
74	0,130	0,298	0,384	0,444	116	0,033	0,176	0,283	0,368
75	0,127	0,295	0,382	0,443	117	0,031	0,173	0,281	0,366
76	0,123	0,292	0,379	0,441	118	0,030	0,171	0,279	0,365
77	0,120	0,288	0,377	0,439	119	0,029	0,168	0,277	0,363
78	0,116	0,285	0,374	0,437	120	0,028	0,166	0,275	0,361
79	0,113	0,282	0,372	0,435					
80	0,110	0,278	0,369	0,433					
81	0,106	0,275	0,367	0,431					
82	0,103	0,272	0,364	0,430					
83	0,100	0,269	0,361	0,428					
84	0,097	0,266	0,359	0,426					
85	0,094	0,262	0,356	0,424					
86	0,091	0,259	0,354	0,422					
87	0,089	0,256	0,352	0,420					
88	0,086	0,253	0,349	0,418					
89	0,083	0,250	0,347	0,417					
90	0,081	0,247	0,344	0,415					
91	0,078	0,244	0,342	0,413					
92	0,076	0,241	0,339	0,411					
93	0,073	0,238	0,337	0,409					
94	0,071	0,235	0,334	0,407					
95	0,069	0,232	0,332	0,406					
96	0,066	0,229	0,330	0,404					
97	0,064	0,226	0,327	0,402					
98	0,062	0,223	0,325	0,400					
99	0,060	0,221	0,322	0,398					
100	0,058	0,218	0,320	0,397					
101	0,056	0,215	0,318	0,395					
102	0,054	0,212	0,315	0,393					
103	0,052	0,209	0,313	0,391					
104	0,050	0,207	0,311	0,389					
105	0,049	0,204	0,308	0,388					
106	0,047	0,201	0,306	0,386					
107	0,045	0,199	0,304	0,384					
108	0,044	0,196	0,301	0,382					
109	0,042	0,193	0,299	0,380					
110	0,041	0,191	0,297	0,379					
111	0,039	0,188	0,295	0,377					
112	0,038	0,186	0,292	0,375					
113	0,036	0,183	0,290	0,373					
114	0,035	0,181	0,288	0,372					
115	0,034	0,178	0,286	0,370					

MICRO-AMBIENTE MLLM

Tabela E.5 – Estimativa do comportamento do teor de cloretos nos tetrápodes ao longo da profundidade considerando Cs fixo de 0,588% na idade de 5 anos.

Profund. (mm)	$t_{Csmáx.}$ 20,15 anos	50 anos	100 anos	200 anos	Profund. (mm)	$t_{Csmáx.}$ 20,15 anos	50 anos	100 anos	200 anos
0	0,588	0,588	0,588	0,588	37	0,318	0,435	0,484	0,515
1	0,580	0,584	0,585	0,586	38	0,312	0,431	0,481	0,513
2	0,573	0,580	0,582	0,584	39	0,305	0,427	0,478	0,511
3	0,565	0,575	0,579	0,582	40	0,299	0,423	0,475	0,510
4	0,557	0,571	0,577	0,580	41	0,293	0,419	0,473	0,508
5	0,549	0,567	0,574	0,578	42	0,287	0,416	0,470	0,506
6	0,542	0,563	0,571	0,576	43	0,281	0,412	0,467	0,504
7	0,534	0,559	0,568	0,574	44	0,275	0,408	0,464	0,502
8	0,526	0,554	0,565	0,572	45	0,269	0,404	0,462	0,500
9	0,519	0,550	0,562	0,570	46	0,263	0,400	0,459	0,498
10	0,511	0,546	0,560	0,568	47	0,257	0,396	0,456	0,496
11	0,503	0,542	0,557	0,566	48	0,252	0,392	0,453	0,494
12	0,496	0,538	0,554	0,564	49	0,246	0,389	0,451	0,492
13	0,488	0,533	0,551	0,562	50	0,240	0,385	0,448	0,490
14	0,480	0,529	0,548	0,560	51	0,235	0,381	0,445	0,488
15	0,473	0,525	0,545	0,558	52	0,230	0,377	0,442	0,486
16	0,465	0,521	0,543	0,556	53	0,224	0,373	0,440	0,484
17	0,458	0,517	0,540	0,555	54	0,219	0,370	0,437	0,482
18	0,451	0,513	0,537	0,553	55	0,214	0,366	0,434	0,481
19	0,443	0,509	0,534	0,551	56	0,209	0,362	0,432	0,479
20	0,436	0,504	0,531	0,549	57	0,204	0,358	0,429	0,477
21	0,428	0,500	0,528	0,547	58	0,199	0,355	0,426	0,475
22	0,421	0,496	0,526	0,545	59	0,194	0,351	0,424	0,473
23	0,414	0,492	0,523	0,543	60	0,189	0,347	0,421	0,471
24	0,407	0,488	0,520	0,541	61	0,184	0,344	0,418	0,469
25	0,400	0,484	0,517	0,539	62	0,180	0,340	0,416	0,467
26	0,393	0,480	0,514	0,537	63	0,175	0,337	0,413	0,465
27	0,386	0,476	0,512	0,535	64	0,171	0,333	0,410	0,463
28	0,379	0,472	0,509	0,533	65	0,166	0,330	0,408	0,461
29	0,372	0,467	0,506	0,531	66	0,162	0,326	0,405	0,460
30	0,365	0,463	0,503	0,529	67	0,158	0,322	0,403	0,458
31	0,358	0,459	0,500	0,527	68	0,154	0,319	0,400	0,456
32	0,351	0,455	0,498	0,525	69	0,150	0,315	0,397	0,454
33	0,344	0,451	0,495	0,523	70	0,146	0,312	0,395	0,452
34	0,338	0,447	0,492	0,521	71	0,142	0,309	0,392	0,450
35	0,331	0,443	0,489	0,519	72	0,138	0,305	0,390	0,448
36	0,325	0,439	0,486	0,517	73	0,134	0,302	0,387	0,446

Tabela E.5 – Estimativa do comportamento do teor de cloretos nos tetrápodes ao longo da profundidade considerando Cs fixo de 0,588% na idade de 5 anos.

Profund. (mm)	**$t_{Csmáx.}$ 20,15 anos**	**50 anos**	**100 anos**	**200 anos**	**Profund. (mm)**	**$t_{Csmáx.}$ 20,15 anos**	**50 anos**	**100 anos**	**200 anos**
74	0,130	0,298	0,384	0,444	116	0,033	0,176	0,283	0,368
75	0,127	0,295	0,382	0,443	117	0,031	0,173	0,281	0,366
76	0,123	0,292	0,379	0,441	118	0,030	0,171	0,279	0,365
77	0,120	0,288	0,377	0,439	119	0,029	0,168	0,277	0,363
78	0,116	0,285	0,374	0,437	120	0,028	0,166	0,275	0,361
79	0,113	0,282	0,372	0,435					
80	0,110	0,278	0,369	0,433					
81	0,106	0,275	0,367	0,431					
82	0,103	0,272	0,364	0,430					
83	0,100	0,269	0,361	0,428					
84	0,097	0,266	0,359	0,426					
85	0,094	0,262	0,356	0,424					
86	0,091	0,259	0,354	0,422					
87	0,089	0,256	0,352	0,420					
88	0,086	0,253	0,349	0,418					
89	0,083	0,250	0,347	0,417					
90	0,081	0,247	0,344	0,415					
91	0,078	0,244	0,342	0,413					
92	0,076	0,241	0,339	0,411					
93	0,073	0,238	0,337	0,409					
94	0,071	0,235	0,334	0,407					
95	0,069	0,232	0,332	0,406					
96	0,066	0,229	0,330	0,404					
97	0,064	0,226	0,327	0,402					
98	0,062	0,223	0,325	0,400					
99	0,060	0,221	0,322	0,398					
100	0,058	0,218	0,320	0,397					
101	0,056	0,215	0,318	0,395					
102	0,054	0,212	0,315	0,393					
103	0,052	0,209	0,313	0,391					
104	0,050	0,207	0,311	0,389					
105	0,049	0,204	0,308	0,388					
106	0,047	0,201	0,306	0,386					
107	0,045	0,199	0,304	0,384					
108	0,044	0,196	0,301	0,382					
109	0,042	0,193	0,299	0,380					
110	0,041	0,191	0,297	0,379					
111	0,039	0,188	0,295	0,377					
112	0,038	0,186	0,292	0,375					
113	0,036	0,183	0,290	0,373					
114	0,035	0,181	0,288	0,372					
115	0,034	0,178	0,286	0,370					

MICRO-AMBIENTE MLLM

Tabela E.6 – Estimativa do comportamento do teor de cloretos nos tetrápodes ao longo da profundidade considerando Cs fixo de 0,588% na idade de 9,5 anos.

Profund. (mm)	$t_{Csmáx.}$ 20,15 anos	50 anos	100 anos	200 anos	Profund. (mm)	$t_{Csmáx.}$ 20,15 anos	50 anos	100 anos	200 anos
0	0,588	0,588	0,588	0,588	37	0,318	0,435	0,484	0,515
1	0,580	0,584	0,585	0,586	38	0,312	0,431	0,481	0,513
2	0,573	0,580	0,582	0,584	39	0,305	0,427	0,478	0,511
3	0,565	0,575	0,579	0,582	40	0,299	0,423	0,475	0,510
4	0,557	0,571	0,577	0,580	41	0,293	0,419	0,473	0,508
5	0,549	0,567	0,574	0,578	42	0,287	0,416	0,470	0,506
6	0,542	0,563	0,571	0,576	43	0,281	0,412	0,467	0,504
7	0,534	0,559	0,568	0,574	44	0,275	0,408	0,464	0,502
8	0,526	0,554	0,565	0,572	45	0,269	0,404	0,462	0,500
9	0,519	0,550	0,562	0,570	46	0,263	0,400	0,459	0,498
10	0,511	0,546	0,560	0,568	47	0,257	0,396	0,456	0,496
11	0,503	0,542	0,557	0,566	48	0,252	0,392	0,453	0,494
12	0,496	0,538	0,554	0,564	49	0,246	0,389	0,451	0,492
13	0,488	0,533	0,551	0,562	50	0,240	0,385	0,448	0,490
14	0,480	0,529	0,548	0,560	51	0,235	0,381	0,445	0,488
15	0,473	0,525	0,545	0,558	52	0,230	0,377	0,442	0,486
16	0,465	0,521	0,543	0,556	53	0,224	0,373	0,440	0,484
17	0,458	0,517	0,540	0,555	54	0,219	0,370	0,437	0,482
18	0,451	0,513	0,537	0,553	55	0,214	0,366	0,434	0,481
19	0,443	0,509	0,534	0,551	56	0,209	0,362	0,432	0,479
20	0,436	0,504	0,531	0,549	57	0,204	0,358	0,429	0,477
21	0,428	0,500	0,528	0,547	58	0,199	0,355	0,426	0,475
22	0,421	0,496	0,526	0,545	59	0,194	0,351	0,424	0,473
23	0,414	0,492	0,523	0,543	60	0,189	0,347	0,421	0,471
24	0,407	0,488	0,520	0,541	61	0,184	0,344	0,418	0,469
25	0,400	0,484	0,517	0,539	62	0,180	0,340	0,416	0,467
26	0,393	0,480	0,514	0,537	63	0,175	0,337	0,413	0,465
27	0,386	0,476	0,512	0,535	64	0,171	0,333	0,410	0,463
28	0,379	0,472	0,509	0,533	65	0,166	0,330	0,408	0,461
29	0,372	0,467	0,506	0,531	66	0,162	0,326	0,405	0,460
30	0,365	0,463	0,503	0,529	67	0,158	0,322	0,403	0,458
31	0,358	0,459	0,500	0,527	68	0,154	0,319	0,400	0,456
32	0,351	0,455	0,498	0,525	69	0,150	0,315	0,397	0,454
33	0,344	0,451	0,495	0,523	70	0,146	0,312	0,395	0,452
34	0,338	0,447	0,492	0,521	71	0,142	0,309	0,392	0,450
35	0,331	0,443	0,489	0,519	72	0,138	0,305	0,390	0,448
36	0,325	0,439	0,486	0,517	73	0,134	0,302	0,387	0,446

Tabela E.6 – Estimativa do comportamento do teor de cloretos nos tetrápodes ao longo da profundidade considerando Cs fixo de 0,588% na idade de 9,5 anos.

Profund. (mm)	**$t_{Csmáx.}$ 20,15 anos**	**50 anos**	**100 anos**	**200 anos**	**Profund. (mm)**	**$t_{Csmáx.}$ 20,15 anos**	**50 anos**	**100 anos**	**200 anos**
74	0,130	0,298	0,384	0,444	117	0,031	0,173	0,281	0,366
75	0,127	0,295	0,382	0,443	118	0,030	0,171	0,279	0,365
76	0,123	0,292	0,379	0,441	119	0,029	0,168	0,277	0,363
77	0,120	0,288	0,377	0,439	120	0,028	0,166	0,275	0,361
78	0,116	0,285	0,374	0,437					
79	0,113	0,282	0,372	0,435					
80	0,110	0,278	0,369	0,433					
81	0,106	0,275	0,367	0,431					
82	0,103	0,272	0,364	0,430					
83	0,100	0,269	0,361	0,428					
84	0,097	0,266	0,359	0,426					
85	0,094	0,262	0,356	0,424					
86	0,091	0,259	0,354	0,422					
87	0,089	0,256	0,352	0,420					
88	0,086	0,253	0,349	0,418					
89	0,083	0,250	0,347	0,417					
90	0,081	0,247	0,344	0,415					
91	0,078	0,244	0,342	0,413					
92	0,076	0,241	0,339	0,411					
93	0,073	0,238	0,337	0,409					
94	0,071	0,235	0,334	0,407					
95	0,069	0,232	0,332	0,406					
96	0,066	0,229	0,330	0,404					
97	0,064	0,226	0,327	0,402					
98	0,062	0,223	0,325	0,400					
99	0,060	0,221	0,322	0,398					
100	0,058	0,218	0,320	0,397					
101	0,056	0,215	0,318	0,395					
102	0,054	0,212	0,315	0,393					
103	0,052	0,209	0,313	0,391					
104	0,050	0,207	0,311	0,389					
105	0,049	0,204	0,308	0,388					
106	0,047	0,201	0,306	0,386					
107	0,045	0,199	0,304	0,384					
108	0,044	0,196	0,301	0,382					
109	0,042	0,193	0,299	0,380					
110	0,041	0,191	0,297	0,379					
111	0,039	0,188	0,295	0,377					
112	0,038	0,186	0,292	0,375					
113	0,036	0,183	0,290	0,373					
114	0,035	0,181	0,288	0,372					
115	0,034	0,178	0,286	0,370					
116	0,033	0,176	0,283	0,368					

MICRO-AMBIENTE MLLM

Tabela E.7 – Estimativa do comportamento do teor de cloretos nos tetrápodes ao longo da profundidade considerando Cs fixo de 0,588% na idade de 5 anos considerando keq.

Profund. (mm)	$t_{Csmáx.}$ 20,15 anos	50 anos	100 anos	200 anos	Profund. (mm)	$t_{Csmáx.}$ 20,15 anos	50 anos	100 anos	200 anos
0	0,588	0,588	0,588	0,588	37	0,318	0,435	0,484	0,515
1	0,580	0,584	0,585	0,586	38	0,312	0,431	0,481	0,513
2	0,573	0,580	0,582	0,584	39	0,305	0,427	0,478	0,511
3	0,565	0,575	0,579	0,582	40	0,299	0,423	0,475	0,510
4	0,557	0,571	0,577	0,580	41	0,293	0,419	0,473	0,508
5	0,549	0,567	0,574	0,578	42	0,287	0,416	0,470	0,506
6	0,542	0,563	0,571	0,576	43	0,281	0,412	0,467	0,504
7	0,534	0,559	0,568	0,574	44	0,275	0,408	0,464	0,502
8	0,526	0,554	0,565	0,572	45	0,269	0,404	0,462	0,500
9	0,519	0,550	0,562	0,570	46	0,263	0,400	0,459	0,498
10	0,511	0,546	0,560	0,568	47	0,257	0,396	0,456	0,496
11	0,503	0,542	0,557	0,566	48	0,252	0,392	0,453	0,494
12	0,496	0,538	0,554	0,564	49	0,246	0,389	0,451	0,492
13	0,488	0,533	0,551	0,562	50	0,240	0,385	0,448	0,490
14	0,480	0,529	0,548	0,560	51	0,235	0,381	0,445	0,488
15	0,473	0,525	0,545	0,558	52	0,230	0,377	0,442	0,486
16	0,465	0,521	0,543	0,556	53	0,224	0,373	0,440	0,484
17	0,458	0,517	0,540	0,555	54	0,219	0,370	0,437	0,482
18	0,451	0,513	0,537	0,553	55	0,214	0,366	0,434	0,481
19	0,443	0,509	0,534	0,551	56	0,209	0,362	0,432	0,479
20	0,436	0,504	0,531	0,549	57	0,204	0,358	0,429	0,477
21	0,428	0,500	0,528	0,547	58	0,199	0,355	0,426	0,475
22	0,421	0,496	0,526	0,545	59	0,194	0,351	0,424	0,473
23	0,414	0,492	0,523	0,543	60	0,189	0,347	0,421	0,471
24	0,407	0,488	0,520	0,541	61	0,184	0,344	0,418	0,469
25	0,400	0,484	0,517	0,539	62	0,180	0,340	0,416	0,467
26	0,393	0,480	0,514	0,537	63	0,175	0,337	0,413	0,465
27	0,386	0,476	0,512	0,535	64	0,171	0,333	0,410	0,463
28	0,379	0,472	0,509	0,533	65	0,166	0,330	0,408	0,461
29	0,372	0,467	0,506	0,531	66	0,162	0,326	0,405	0,460
30	0,365	0,463	0,503	0,529	67	0,158	0,322	0,403	0,458
31	0,358	0,459	0,500	0,527	68	0,154	0,319	0,400	0,456
32	0,351	0,455	0,498	0,525	69	0,150	0,315	0,397	0,454
33	0,344	0,451	0,495	0,523	70	0,146	0,312	0,395	0,452
34	0,338	0,447	0,492	0,521	71	0,142	0,309	0,392	0,450
35	0,331	0,443	0,489	0,519	72	0,138	0,305	0,390	0,448
36	0,325	0,439	0,486	0,517	73	0,134	0,302	0,387	0,446

Tabela E.7 – Estimativa do comportamento do teor de cloretos nos tetrápodes ao longo da profundidade considerando Cs fixo de 0,588% na idade de 5 anos considerando keq.

Profund. (mm)	**$t_{Csmáx.}$ 20,15 anos**	**50 anos**	**100 anos**	**200 anos**	**Profund. (mm)**	**$t_{Csmáx.}$ 20,15 anos**	**50 anos**	**100 anos**	**200 anos**
74	0,130	0,298	0,384	0,444	117	0,031	0,173	0,281	0,366
75	0,127	0,295	0,382	0,443	118	0,030	0,171	0,279	0,365
76	0,123	0,292	0,379	0,441	119	0,029	0,168	0,277	0,363
77	0,120	0,288	0,377	0,439	120	0,028	0,166	0,275	0,361
78	0,116	0,285	0,374	0,437					
79	0,113	0,282	0,372	0,435					
80	0,110	0,278	0,369	0,433					
81	0,106	0,275	0,367	0,431					
82	0,103	0,272	0,364	0,430					
83	0,100	0,269	0,361	0,428					
84	0,097	0,266	0,359	0,426					
85	0,094	0,262	0,356	0,424					
86	0,091	0,259	0,354	0,422					
87	0,089	0,256	0,352	0,420					
88	0,086	0,253	0,349	0,418					
89	0,083	0,250	0,347	0,417					
90	0,081	0,247	0,344	0,415					
91	0,078	0,244	0,342	0,413					
92	0,076	0,241	0,339	0,411					
93	0,073	0,238	0,337	0,409					
94	0,071	0,235	0,334	0,407					
95	0,069	0,232	0,332	0,406					
96	0,066	0,229	0,330	0,404					
97	0,064	0,226	0,327	0,402					
98	0,062	0,223	0,325	0,400					
99	0,060	0,221	0,322	0,398					
100	0,058	0,218	0,320	0,397					
101	0,056	0,215	0,318	0,395					
102	0,054	0,212	0,315	0,393					
103	0,052	0,209	0,313	0,391					
104	0,050	0,207	0,311	0,389					
105	0,049	0,204	0,308	0,388					
106	0,047	0,201	0,306	0,386					
107	0,045	0,199	0,304	0,384					
108	0,044	0,196	0,301	0,382					
109	0,042	0,193	0,299	0,380					
110	0,041	0,191	0,297	0,379					
111	0,039	0,188	0,295	0,377					
112	0,038	0,186	0,292	0,375					
113	0,036	0,183	0,290	0,373					
114	0,035	0,181	0,288	0,372					
115	0,034	0,178	0,286	0,370					
116	0,033	0,176	0,283	0,368					

MICRO-AMBIENTE MLLM

Tabela E.8 – Estimativa do comportamento do teor de cloretos nos tetrápodes ao longo da profundidade considerando Cs fixo de 0,588% na idade de 9,5 anos considerando keq.

Profund. (mm)	$t_{Csmáx.}$ 20,15 anos	50 anos	100 anos	200 anos	Profund. (mm)	$t_{Csmáx.}$ 20,15 anos	50 anos	100 anos	200 anos
0	0,588	0,588	0,588	0,588	37	0,318	0,435	0,484	0,515
1	0,580	0,584	0,585	0,586	38	0,312	0,431	0,481	0,513
2	0,573	0,580	0,582	0,584	39	0,305	0,427	0,478	0,511
3	0,565	0,575	0,579	0,582	40	0,299	0,423	0,475	0,510
4	0,557	0,571	0,577	0,580	41	0,293	0,419	0,473	0,508
5	0,549	0,567	0,574	0,578	42	0,287	0,416	0,470	0,506
6	0,542	0,563	0,571	0,576	43	0,281	0,412	0,467	0,504
7	0,534	0,559	0,568	0,574	44	0,275	0,408	0,464	0,502
8	0,526	0,554	0,565	0,572	45	0,269	0,404	0,462	0,500
9	0,519	0,550	0,562	0,570	46	0,263	0,400	0,459	0,498
10	0,511	0,546	0,560	0,568	47	0,257	0,396	0,456	0,496
11	0,503	0,542	0,557	0,566	48	0,252	0,392	0,453	0,494
12	0,496	0,538	0,554	0,564	49	0,246	0,389	0,451	0,492
13	0,488	0,533	0,551	0,562	50	0,240	0,385	0,448	0,490
14	0,480	0,529	0,548	0,560	51	0,235	0,381	0,445	0,488
15	0,473	0,525	0,545	0,558	52	0,230	0,377	0,442	0,486
16	0,465	0,521	0,543	0,556	53	0,224	0,373	0,440	0,484
17	0,458	0,517	0,540	0,555	54	0,219	0,370	0,437	0,482
18	0,451	0,513	0,537	0,553	55	0,214	0,366	0,434	0,481
19	0,443	0,509	0,534	0,551	56	0,209	0,362	0,432	0,479
20	0,436	0,504	0,531	0,549	57	0,204	0,358	0,429	0,477
21	0,428	0,500	0,528	0,547	58	0,199	0,355	0,426	0,475
22	0,421	0,496	0,526	0,545	59	0,194	0,351	0,424	0,473
23	0,414	0,492	0,523	0,543	60	0,189	0,347	0,421	0,471
24	0,407	0,488	0,520	0,541	61	0,184	0,344	0,418	0,469
25	0,400	0,484	0,517	0,539	62	0,180	0,340	0,416	0,467
26	0,393	0,480	0,514	0,537	63	0,175	0,337	0,413	0,465
27	0,386	0,476	0,512	0,535	64	0,171	0,333	0,410	0,463
28	0,379	0,472	0,509	0,533	65	0,166	0,330	0,408	0,461
29	0,372	0,467	0,506	0,531	66	0,162	0,326	0,405	0,460
30	0,365	0,463	0,503	0,529	67	0,158	0,322	0,403	0,458
31	0,358	0,459	0,500	0,527	68	0,154	0,319	0,400	0,456
32	0,351	0,455	0,498	0,525	69	0,150	0,315	0,397	0,454
33	0,344	0,451	0,495	0,523	70	0,146	0,312	0,395	0,452
34	0,338	0,447	0,492	0,521	71	0,142	0,309	0,392	0,450
35	0,331	0,443	0,489	0,519	72	0,138	0,305	0,390	0,448
36	0,325	0,439	0,486	0,517	73	0,134	0,302	0,387	0,446

Tabela E.8 – Estimativa do comportamento do teor de cloretos nos tetrápodes ao longo da profundidade considerando Cs fixo de 0,588% na idade de 9,5 anos considerando keq.

Profund. (mm)	**$t_{Csmáx.}$ 20,15 anos**	**50 anos**	**100 anos**	**200 anos**	**Profund. (mm)**	**$t_{Csmáx.}$ 20,15 anos**	**50 anos**	**100 anos**	**200 anos**
74	0,130	0,298	0,384	0,444	117	0,031	0,173	0,281	0,366
75	0,127	0,295	0,382	0,443	118	0,030	0,171	0,279	0,365
76	0,123	0,292	0,379	0,441	119	0,029	0,168	0,277	0,363
77	0,120	0,288	0,377	0,439	120	0,028	0,166	0,275	0,361
78	0,116	0,285	0,374	0,437					
79	0,113	0,282	0,372	0,435					
80	0,110	0,278	0,369	0,433					
81	0,106	0,275	0,367	0,431					
82	0,103	0,272	0,364	0,430					
83	0,100	0,269	0,361	0,428					
84	0,097	0,266	0,359	0,426					
85	0,094	0,262	0,356	0,424					
86	0,091	0,259	0,354	0,422					
87	0,089	0,256	0,352	0,420					
88	0,086	0,253	0,349	0,418					
89	0,083	0,250	0,347	0,417					
90	0,081	0,247	0,344	0,415					
91	0,078	0,244	0,342	0,413					
92	0,076	0,241	0,339	0,411					
93	0,073	0,238	0,337	0,409					
94	0,071	0,235	0,334	0,407					
95	0,069	0,232	0,332	0,406					
96	0,066	0,229	0,330	0,404					
97	0,064	0,226	0,327	0,402					
98	0,062	0,223	0,325	0,400					
99	0,060	0,221	0,322	0,398					
100	0,058	0,218	0,320	0,397					
101	0,056	0,215	0,318	0,395					
102	0,054	0,212	0,315	0,393					
103	0,052	0,209	0,313	0,391					
104	0,050	0,207	0,311	0,389					
105	0,049	0,204	0,308	0,388					
106	0,047	0,201	0,306	0,386					
107	0,045	0,199	0,304	0,384					
108	0,044	0,196	0,301	0,382					
109	0,042	0,193	0,299	0,380					
110	0,041	0,191	0,297	0,379					
111	0,039	0,188	0,295	0,377					
112	0,038	0,186	0,292	0,375					
113	0,036	0,183	0,290	0,373					
114	0,035	0,181	0,288	0,372					
115	0,034	0,178	0,286	0,370					
116	0,033	0,176	0,283	0,368					

MICRO-AMBIENTE MLOM

Tabela E.9 – Estimativa do comportamento do teor de cloretos nos tetrápodes ao longo da profundidade considerando Cs fixo de 0,588% na idade de 5 anos.

Profund. (mm)	$t_{Csmáx.}$ 29,64 anos	50 anos	100 anos	200 anos	Profund. (mm)	$t_{Csmáx.}$ 29,64 anos	50 anos	100 anos	200 anos
0	0,588	0,588	0,588	0,588	37	0,457	0,498	0,528	0,547
1	0,584	0,586	0,586	0,587	38	0,454	0,495	0,526	0,546
2	0,581	0,583	0,585	0,586	39	0,451	0,493	0,525	0,545
3	0,577	0,581	0,583	0,585	40	0,447	0,490	0,523	0,544
4	0,574	0,578	0,581	0,584	41	0,444	0,488	0,522	0,542
5	0,570	0,576	0,580	0,582	42	0,440	0,485	0,520	0,541
6	0,567	0,573	0,578	0,581	43	0,437	0,483	0,518	0,540
7	0,563	0,571	0,577	0,580	44	0,434	0,481	0,517	0,539
8	0,559	0,568	0,575	0,579	45	0,430	0,478	0,515	0,538
9	0,556	0,566	0,573	0,578	46	0,427	0,476	0,514	0,537
10	0,552	0,563	0,572	0,577	47	0,423	0,473	0,512	0,536
11	0,549	0,561	0,570	0,576	48	0,420	0,471	0,510	0,535
12	0,545	0,558	0,569	0,575	49	0,417	0,469	0,509	0,534
13	0,542	0,556	0,567	0,574	50	0,413	0,466	0,507	0,532
14	0,538	0,554	0,565	0,572	51	0,410	0,464	0,506	0,531
15	0,534	0,551	0,564	0,571	52	0,407	0,462	0,504	0,530
16	0,531	0,549	0,562	0,570	53	0,403	0,459	0,502	0,529
17	0,527	0,546	0,560	0,569	54	0,400	0,457	0,501	0,528
18	0,524	0,544	0,559	0,568	55	0,397	0,454	0,499	0,527
19	0,520	0,541	0,557	0,567	56	0,394	0,452	0,498	0,526
20	0,517	0,539	0,556	0,566	57	0,390	0,450	0,496	0,525
21	0,513	0,536	0,554	0,565	58	0,387	0,447	0,494	0,524
22	0,510	0,534	0,552	0,564	59	0,384	0,445	0,493	0,522
23	0,506	0,532	0,551	0,562	60	0,381	0,443	0,491	0,521
24	0,503	0,529	0,549	0,561	61	0,377	0,440	0,490	0,520
25	0,499	0,527	0,547	0,560	62	0,374	0,438	0,488	0,519
26	0,496	0,524	0,546	0,559	63	0,371	0,436	0,486	0,518
27	0,492	0,522	0,544	0,558	64	0,368	0,433	0,485	0,517
28	0,489	0,519	0,543	0,557	65	0,365	0,431	0,483	0,516
29	0,485	0,517	0,541	0,556	66	0,361	0,429	0,482	0,515
30	0,482	0,514	0,539	0,555	67	0,358	0,426	0,480	0,514
31	0,478	0,512	0,538	0,553	68	0,355	0,424	0,479	0,513
32	0,475	0,510	0,536	0,552	69	0,352	0,422	0,477	0,511
33	0,471	0,507	0,534	0,551	70	0,349	0,420	0,475	0,510
34	0,468	0,505	0,533	0,550	71	0,346	0,417	0,474	0,509
35	0,464	0,502	0,531	0,549	72	0,343	0,415	0,472	0,508
36	0,461	0,500	0,530	0,548	73	0,340	0,413	0,471	0,507

Tabela E.9 – Estimativa do comportamento do teor de cloretos nos tetrápodes ao longo da profundidade considerando Cs fixo de 0,588% na idade de 5 anos.

Profund. (mm)	**$t_{Csmáx.}$ 29,64 anos**	**50 anos**	**100 anos**	**200 anos**	**Profund. (mm)**	**$t_{Csmáx.}$ 29,64 anos**	**50 anos**	**100 anos**	**200 anos**
74	0,337	0,410	0,469	0,506	117	0,219	0,317	0,403	0,459
75	0,334	0,408	0,467	0,505	118	0,217	0,315	0,401	0,458
76	0,331	0,406	0,466	0,504	119	0,214	0,313	0,400	0,457
77	0,328	0,404	0,464	0,503	120	0,212	0,311	0,398	0,456
78	0,325	0,401	0,463	0,502					
79	0,322	0,399	0,461	0,501					
80	0,319	0,397	0,460	0,499					
81	0,316	0,394	0,458	0,498					
82	0,313	0,392	0,457	0,497					
83	0,310	0,390	0,455	0,496					
84	0,307	0,388	0,453	0,495					
85	0,304	0,386	0,452	0,494					
86	0,301	0,383	0,450	0,493					
87	0,298	0,381	0,449	0,492					
88	0,295	0,379	0,447	0,491					
89	0,292	0,377	0,446	0,490					
90	0,290	0,374	0,444	0,488					
91	0,287	0,372	0,443	0,487					
92	0,284	0,370	0,441	0,486					
93	0,281	0,368	0,439	0,485					
94	0,278	0,366	0,438	0,484					
95	0,276	0,364	0,436	0,483					
96	0,273	0,361	0,435	0,482					
97	0,270	0,359	0,433	0,481					
98	0,267	0,357	0,432	0,480					
99	0,265	0,355	0,430	0,479					
100	0,262	0,353	0,429	0,478					
101	0,259	0,351	0,427	0,477					
102	0,257	0,348	0,426	0,475					
103	0,254	0,346	0,424	0,474					
104	0,252	0,344	0,423	0,473					
105	0,249	0,342	0,421	0,472					
106	0,246	0,340	0,420	0,471					
107	0,244	0,338	0,418	0,470					
108	0,241	0,336	0,416	0,469					
109	0,239	0,334	0,415	0,468					
110	0,236	0,332	0,413	0,467					
111	0,234	0,330	0,412	0,466					
112	0,231	0,327	0,410	0,465					
113	0,229	0,325	0,409	0,464					
114	0,226	0,323	0,407	0,463					
115	0,224	0,321	0,406	0,461					
116	0,221	0,319	0,404	0,460					

MICRO-AMBIENTE MLOM

Tabela E.10 – Estimativa do comportamento do teor de cloretos nos tetrápodes ao longo da profundidade considerando Cs fixo de 0,588% na idade de 9,5 anos.

Profund. (mm)	$t_{Csmáx.}$ 15,57 anos	50 anos	100 anos	200 anos	Profund. (mm)	$t_{Csmáx.}$ 15,57 anos	50 anos	100 anos	200 anos
0	0,588	0,588	0,588	0,588	37	0,317	0,586	0,587	0,587
1	0,580	0,584	0,586	0,586	38	0,311	0,586	0,587	0,587
2	0,572	0,581	0,583	0,585	39	0,305	0,586	0,587	0,587
3	0,565	0,577	0,581	0,583	40	0,298	0,586	0,587	0,587
4	0,557	0,573	0,578	0,581	41	0,292	0,586	0,587	0,587
5	0,549	0,570	0,576	0,579	42	0,286	0,586	0,587	0,587
6	0,541	0,566	0,573	0,578	43	0,280	0,586	0,587	0,587
7	0,534	0,563	0,571	0,576	44	0,274	0,586	0,587	0,587
8	0,526	0,559	0,568	0,574	45	0,268	0,586	0,587	0,587
9	0,518	0,555	0,566	0,572	46	0,262	0,586	0,587	0,587
10	0,511	0,552	0,563	0,571	47	0,256	0,586	0,587	0,587
11	0,503	0,548	0,561	0,569	48	0,251	0,586	0,587	0,587
12	0,495	0,544	0,558	0,567	49	0,245	0,586	0,587	0,587
13	0,488	0,541	0,556	0,566	50	0,239	0,586	0,587	0,587
14	0,480	0,537	0,553	0,564	51	0,234	0,586	0,587	0,587
15	0,473	0,534	0,551	0,562	52	0,229	0,586	0,587	0,587
16	0,465	0,530	0,548	0,560	53	0,223	0,586	0,587	0,587
17	0,457	0,526	0,546	0,559	54	0,218	0,586	0,587	0,587
18	0,450	0,523	0,543	0,557	55	0,213	0,586	0,587	0,587
19	0,443	0,519	0,541	0,555	56	0,208	0,586	0,587	0,587
20	0,435	0,516	0,538	0,553	57	0,203	0,586	0,587	0,587
21	0,428	0,512	0,536	0,552	58	0,198	0,586	0,587	0,588
22	0,421	0,508	0,533	0,550	59	0,193	0,586	0,587	0,588
23	0,413	0,505	0,531	0,548	60	0,188	0,587	0,587	0,588
24	0,406	0,501	0,528	0,547	61	0,183	0,587	0,587	0,588
25	0,399	0,498	0,526	0,545	62	0,179	0,587	0,587	0,588
26	0,392	0,494	0,524	0,543	63	0,174	0,587	0,587	0,588
27	0,385	0,491	0,521	0,541	64	0,170	0,587	0,587	0,588
28	0,378	0,487	0,519	0,540	65	0,165	0,587	0,587	0,588
29	0,371	0,585	0,587	0,587	66	0,161	0,358	0,427	0,475
30	0,364	0,585	0,587	0,587	67	0,157	0,355	0,425	0,473
31	0,357	0,585	0,587	0,587	68	0,153	0,352	0,422	0,472
32	0,350	0,585	0,587	0,587	69	0,149	0,349	0,420	0,470
33	0,344	0,585	0,587	0,587	70	0,145	0,346	0,418	0,468
34	0,337	0,585	0,587	0,587	71	0,141	0,342	0,416	0,466
35	0,330	0,585	0,587	0,587	72	0,137	0,339	0,413	0,465
36	0,324	0,585	0,587	0,587	73	0,133	0,336	0,411	0,463

Tabela E.10 – Estimativa do comportamento do teor de cloretos nos tetrápodes ao longo da profundidade considerando Cs fixo de 0,588% na idade de 9,5 anos.

Profund. (mm)	**$t_{Csmáx.}$ 15,57 anos**	**50 anos**	**100 anos**	**200 anos**	**Profund. (mm)**	**$t_{Csmáx.}$ 15,57 anos**	**50 anos**	**100 anos**	**200 anos**
74	0,129	0,333	0,409	0,461	117	0,031	0,215	0,315	0,392
75	0,126	0,330	0,406	0,460	118	0,030	0,212	0,313	0,390
76	0,122	0,327	0,404	0,458	119	0,029	0,210	0,311	0,388
77	0,119	0,324	0,402	0,456	120	0,027	0,207	0,309	0,387
78	0,115	0,321	0,399	0,455					
79	0,112	0,318	0,397	0,453					
80	0,109	0,315	0,395	0,451					
81	0,105	0,312	0,393	0,450					
82	0,102	0,309	0,390	0,448					
83	0,099	0,306	0,388	0,447					
84	0,096	0,303	0,386	0,445					
85	0,093	0,300	0,384	0,443					
86	0,091	0,297	0,381	0,442					
87	0,088	0,294	0,379	0,440					
88	0,085	0,291	0,377	0,438					
89	0,082	0,288	0,375	0,437					
90	0,080	0,286	0,372	0,435					
91	0,077	0,283	0,370	0,433					
92	0,075	0,280	0,368	0,432					
93	0,072	0,277	0,366	0,430					
94	0,070	0,274	0,364	0,428					
95	0,068	0,272	0,361	0,427					
96	0,066	0,269	0,359	0,425					
97	0,063	0,266	0,357	0,424					
98	0,061	0,263	0,355	0,422					
99	0,059	0,261	0,353	0,420					
100	0,057	0,258	0,351	0,419					
101	0,055	0,255	0,348	0,417					
102	0,053	0,253	0,346	0,416					
103	0,052	0,250	0,344	0,414					
104	0,050	0,247	0,342	0,412					
105	0,048	0,245	0,340	0,411					
106	0,046	0,242	0,338	0,409					
107	0,045	0,239	0,336	0,407					
108	0,043	0,237	0,333	0,406					
109	0,042	0,234	0,331	0,404					
110	0,040	0,232	0,329	0,403					
111	0,039	0,229	0,327	0,401					
112	0,037	0,227	0,325	0,399					
113	0,036	0,224	0,323	0,398					
114	0,035	0,222	0,321	0,396					
115	0,033	0,219	0,319	0,395					
116	0,032	0,217	0,317	0,393					

MICRO-AMBIENTE MLOM

Tabela E.11 – Estimativa do comportamento do teor de cloretos nos tetrápodes ao longo da profundidade considerando Cs fixo de 0,588% na idade de 5 anos considerando keq.

Profund. (mm)	$t_{Csmáx.}$ 18,69 anos	50 anos	100 anos	200 anos	Profund. (mm)	$t_{Csmáx.}$ 18,69 anos	50 anos	100 anos	200 anos
0	0,588	0,588	0,588	0,588	37	0,385	0,480	0,514	0,537
1	0,582	0,585	0,586	0,587	38	0,380	0,477	0,512	0,535
2	0,577	0,582	0,584	0,585	39	0,375	0,474	0,510	0,534
3	0,571	0,579	0,582	0,584	40	0,370	0,471	0,508	0,533
4	0,565	0,576	0,580	0,582	41	0,365	0,469	0,506	0,531
5	0,560	0,573	0,578	0,581	42	0,360	0,466	0,504	0,530
6	0,554	0,570	0,576	0,580	43	0,355	0,463	0,502	0,528
7	0,548	0,567	0,574	0,578	44	0,350	0,460	0,501	0,527
8	0,543	0,564	0,572	0,577	45	0,345	0,457	0,499	0,526
9	0,537	0,562	0,570	0,576	46	0,340	0,454	0,497	0,524
10	0,531	0,559	0,568	0,574	47	0,335	0,452	0,495	0,523
11	0,526	0,556	0,566	0,573	48	0,330	0,449	0,493	0,522
12	0,520	0,553	0,564	0,571	49	0,325	0,446	0,491	0,520
13	0,515	0,550	0,562	0,570	50	0,321	0,443	0,489	0,519
14	0,509	0,547	0,560	0,569	51	0,316	0,440	0,487	0,518
15	0,503	0,544	0,558	0,567	52	0,311	0,438	0,485	0,516
16	0,498	0,541	0,556	0,566	53	0,307	0,435	0,483	0,515
17	0,492	0,538	0,554	0,564	54	0,302	0,432	0,481	0,513
18	0,487	0,535	0,552	0,563	55	0,298	0,429	0,479	0,512
19	0,481	0,532	0,550	0,562	56	0,293	0,426	0,477	0,511
20	0,476	0,529	0,548	0,560	57	0,289	0,424	0,475	0,509
21	0,470	0,526	0,546	0,559	58	0,284	0,421	0,473	0,508
22	0,465	0,523	0,544	0,557	59	0,280	0,418	0,471	0,507
23	0,459	0,521	0,542	0,556	60	0,275	0,415	0,469	0,505
24	0,454	0,518	0,540	0,555	61	0,271	0,413	0,467	0,504
25	0,448	0,515	0,538	0,553	62	0,267	0,410	0,465	0,502
26	0,443	0,512	0,536	0,552	63	0,262	0,407	0,464	0,501
27	0,438	0,509	0,534	0,551	64	0,258	0,405	0,462	0,500
28	0,432	0,506	0,532	0,549	65	0,254	0,402	0,460	0,498
29	0,427	0,503	0,530	0,548	66	0,250	0,399	0,458	0,497
30	0,421	0,500	0,528	0,546	67	0,246	0,396	0,456	0,496
31	0,416	0,497	0,526	0,545	68	0,242	0,394	0,454	0,494
32	0,411	0,494	0,524	0,544	69	0,238	0,391	0,452	0,493
33	0,406	0,492	0,522	0,542	70	0,234	0,388	0,450	0,492
34	0,400	0,489	0,520	0,541	71	0,230	0,386	0,448	0,490
35	0,395	0,486	0,518	0,540	72	0,226	0,383	0,446	0,489
36	0,390	0,483	0,516	0,538	73	0,222	0,380	0,444	0,487

Tabela E.11 – Estimativa do comportamento do teor de cloretos nos tetrápodes ao longo da profundidade considerando Cs fixo de 0,588% na idade de 5 anos considerando keq.

Profund. (mm)	**$t_{Csmáx.}$ 18,69 anos**	**50 anos**	**100 anos**	**200 anos**	**Profund. (mm)**	**$t_{Csmáx.}$ 18,69 anos**	**50 anos**	**100 anos**	**200 anos**
74	0,218	0,378	0,442	0,486	117	0,092	0,272	0,363	0,429
75	0,214	0,375	0,441	0,485	118	0,090	0,270	0,362	0,428
76	0,211	0,372	0,439	0,483	119	0,088	0,268	0,360	0,426
77	0,207	0,370	0,437	0,482	120	0,086	0,265	0,358	0,425
78	0,203	0,367	0,435	0,481					
79	0,200	0,365	0,433	0,479					
80	0,196	0,362	0,431	0,478					
81	0,192	0,359	0,429	0,477					
82	0,189	0,357	0,427	0,475					
83	0,186	0,354	0,425	0,474					
84	0,182	0,352	0,424	0,473					
85	0,179	0,349	0,422	0,471					
86	0,175	0,347	0,420	0,470					
87	0,172	0,344	0,418	0,469					
88	0,169	0,342	0,416	0,467					
89	0,166	0,339	0,414	0,466					
90	0,163	0,337	0,412	0,465					
91	0,159	0,334	0,410	0,463					
92	0,156	0,331	0,409	0,462					
93	0,153	0,329	0,407	0,461					
94	0,150	0,327	0,405	0,459					
95	0,147	0,324	0,403	0,458					
96	0,144	0,322	0,401	0,457					
97	0,142	0,319	0,399	0,455					
98	0,139	0,317	0,398	0,454					
99	0,136	0,314	0,396	0,453					
100	0,133	0,312	0,394	0,451					
101	0,131	0,309	0,392	0,450					
102	0,128	0,307	0,390	0,449					
103	0,125	0,305	0,388	0,447					
104	0,123	0,302	0,387	0,446					
105	0,120	0,300	0,385	0,445					
106	0,118	0,298	0,383	0,443					
107	0,115	0,295	0,381	0,442					
108	0,113	0,293	0,379	0,441					
109	0,110	0,290	0,378	0,439					
110	0,108	0,288	0,376	0,438					
111	0,106	0,286	0,374	0,437					
112	0,103	0,284	0,372	0,435					
113	0,101	0,281	0,370	0,434					
114	0,099	0,279	0,369	0,433					
115	0,097	0,277	0,367	0,431					
116	0,095	0,274	0,365	0,430					

MICRO-AMBIENTE MLOM

Tabela E.12 – Estimativa do comportamento do teor de cloretos nos tetrápodes ao longo da profundidade considerando Cs fixo de 0,588% na idade de 9,5 anos considerando keq.

Profund. (mm)	$t_{Csmáx.}$ 18,69 anos	50 Anos	100 anos	200 anos	Profund. (mm)	$t_{Csmáx.}$ 18,69 anos	50 anos	100 anos	200 anos
0	0,588	0,588	0,588	0,588	37	0,358	0,465	0,504	0,530
1	0,582	0,585	0,586	0,586	38	0,353	0,462	0,502	0,528
2	0,575	0,581	0,583	0,585	39	0,347	0,459	0,499	0,526
3	0,569	0,578	0,581	0,583	40	0,341	0,455	0,497	0,525
4	0,562	0,575	0,579	0,582	41	0,336	0,452	0,495	0,523
5	0,556	0,571	0,577	0,580	42	0,330	0,449	0,493	0,522
6	0,549	0,568	0,574	0,578	43	0,325	0,446	0,490	0,520
7	0,543	0,564	0,572	0,577	44	0,319	0,442	0,488	0,519
8	0,536	0,561	0,570	0,575	45	0,314	0,439	0,486	0,517
9	0,530	0,558	0,567	0,574	46	0,309	0,436	0,484	0,515
10	0,523	0,554	0,565	0,572	47	0,304	0,433	0,482	0,514
11	0,517	0,551	0,563	0,571	48	0,298	0,430	0,479	0,512
12	0,511	0,548	0,561	0,569	49	0,293	0,427	0,477	0,511
13	0,504	0,544	0,558	0,567	50	0,288	0,423	0,475	0,509
14	0,498	0,541	0,556	0,566	51	0,283	0,420	0,473	0,508
15	0,491	0,538	0,554	0,564	52	0,278	0,417	0,470	0,506
16	0,485	0,534	0,551	0,563	53	0,273	0,414	0,468	0,504
17	0,479	0,531	0,549	0,561	54	0,268	0,411	0,466	0,503
18	0,473	0,528	0,547	0,559	55	0,263	0,408	0,464	0,501
19	0,466	0,524	0,545	0,558	56	0,258	0,405	0,462	0,500
20	0,460	0,521	0,542	0,556	57	0,253	0,402	0,459	0,498
21	0,454	0,518	0,540	0,555	58	0,249	0,398	0,457	0,497
22	0,448	0,514	0,538	0,553	59	0,244	0,395	0,455	0,495
23	0,441	0,511	0,536	0,552	60	0,239	0,392	0,453	0,494
24	0,435	0,508	0,533	0,550	61	0,235	0,389	0,451	0,492
25	0,429	0,504	0,531	0,548	62	0,230	0,386	0,448	0,490
26	0,423	0,501	0,529	0,547	63	0,226	0,383	0,446	0,489
27	0,417	0,498	0,527	0,545	64	0,222	0,380	0,444	0,487
28	0,411	0,494	0,524	0,544	65	0,217	0,377	0,442	0,486
29	0,405	0,491	0,522	0,542	66	0,213	0,374	0,440	0,484
30	0,399	0,488	0,520	0,541	67	0,209	0,371	0,438	0,483
31	0,393	0,485	0,517	0,539	68	0,204	0,368	0,435	0,481
32	0,387	0,481	0,515	0,537	69	0,200	0,365	0,433	0,480
33	0,381	0,478	0,513	0,536	70	0,196	0,362	0,431	0,478
34	0,376	0,475	0,511	0,534	71	0,192	0,359	0,429	0,477
35	0,370	0,472	0,508	0,533	72	0,188	0,356	0,427	0,475
36	0,364	0,468	0,506	0,531	73	0,184	0,353	0,425	0,473

Tabela E.12 – Estimativa do comportamento do teor de cloretos nos tetrápodes ao longo da profundidade considerando Cs fixo de 0,588% na idade de 9,5 anos considerando keq.

Profund. (mm)	**$t_{Csmáx.}$ 18,69 anos**	**50 anos**	**100 anos**	**200 anos**	**Profund. (mm)**	**$t_{Csmáx.}$ 18,69 anos**	**50 anos**	**100 anos**	**200 anos**
74	0,180	0,350	0,423	0,472	117	0,062	0,236	0,335	0,407
75	0,177	0,347	0,420	0,470	118	0,061	0,234	0,333	0,406
76	0,173	0,345	0,418	0,469	119	0,059	0,232	0,331	0,404
77	0,169	0,342	0,416	0,467	120	0,057	0,229	0,329	0,403
78	0,165	0,339	0,414	0,466					
79	0,162	0,336	0,412	0,464					
80	0,158	0,333	0,410	0,463					
81	0,155	0,330	0,408	0,461					
82	0,151	0,327	0,406	0,460					
83	0,148	0,325	0,403	0,458					
84	0,145	0,322	0,401	0,457					
85	0,141	0,319	0,399	0,455					
86	0,138	0,316	0,397	0,454					
87	0,135	0,313	0,395	0,452					
88	0,132	0,311	0,393	0,451					
89	0,129	0,308	0,391	0,449					
90	0,126	0,305	0,389	0,448					
91	0,123	0,302	0,387	0,446					
92	0,120	0,300	0,385	0,444					
93	0,117	0,297	0,383	0,443					
94	0,114	0,294	0,381	0,441					
95	0,111	0,292	0,378	0,440					
96	0,109	0,289	0,376	0,438					
97	0,106	0,286	0,374	0,437					
98	0,103	0,284	0,372	0,435					
99	0,101	0,281	0,370	0,434					
100	0,098	0,278	0,368	0,432					
101	0,096	0,276	0,366	0,431					
102	0,093	0,273	0,364	0,429					
103	0,091	0,271	0,362	0,428					
104	0,089	0,268	0,360	0,426					
105	0,086	0,266	0,358	0,425					
106	0,084	0,263	0,356	0,424					
107	0,082	0,261	0,354	0,422					
108	0,080	0,258	0,352	0,421					
109	0,078	0,256	0,350	0,419					
110	0,076	0,253	0,348	0,418					
111	0,074	0,251	0,346	0,416					
112	0,072	0,248	0,344	0,415					
113	0,070	0,246	0,342	0,413					
114	0,068	0,243	0,340	0,412					
115	0,066	0,241	0,338	0,410					
116	0,064	0,239	0,336	0,409					

MICRO-AMBIENTE MLOI

Tabela E.13 – Estimativa do comportamento do teor de cloretos nos tetrápodes ao longo da profundidade considerando Cs fixo de 0,588% na idade de 5 anos.

Profund. (mm)	$t_{Csmáx.}$ 8,39 anos	50 anos	100 anos	200 anos	Profund. (mm)	$t_{Csmáx.}$ 8,39 anos	50 anos	100 anos	200 anos
0	0,588	0,588	0,588	0,588	37	0,234	0,458	0,497	0,524
1	0,577	0,584	0,586	0,586	38	0,227	0,454	0,494	0,522
2	0,567	0,581	0,583	0,585	39	0,219	0,451	0,492	0,520
3	0,556	0,577	0,581	0,583	40	0,212	0,448	0,490	0,519
4	0,545	0,574	0,578	0,581	41	0,205	0,444	0,487	0,517
5	0,535	0,570	0,576	0,579	42	0,198	0,441	0,485	0,515
6	0,524	0,567	0,573	0,578	43	0,192	0,437	0,482	0,514
7	0,513	0,563	0,571	0,576	44	0,185	0,434	0,480	0,512
8	0,503	0,560	0,568	0,574	45	0,179	0,431	0,478	0,510
9	0,492	0,556	0,566	0,572	46	0,173	0,427	0,475	0,508
10	0,482	0,552	0,563	0,571	47	0,166	0,424	0,473	0,507
11	0,471	0,549	0,561	0,569	48	0,161	0,421	0,470	0,505
12	0,461	0,545	0,558	0,567	49	0,155	0,417	0,468	0,503
13	0,451	0,542	0,556	0,565	50	0,149	0,414	0,466	0,502
14	0,441	0,538	0,553	0,564	51	0,144	0,411	0,463	0,500
15	0,430	0,535	0,551	0,562	52	0,138	0,407	0,461	0,498
16	0,420	0,531	0,548	0,560	53	0,133	0,404	0,458	0,496
17	0,410	0,528	0,546	0,558	54	0,128	0,401	0,456	0,495
18	0,400	0,524	0,543	0,557	55	0,123	0,398	0,454	0,493
19	0,391	0,521	0,541	0,555	56	0,118	0,394	0,451	0,491
20	0,381	0,517	0,539	0,553	57	0,114	0,391	0,449	0,490
21	0,371	0,513	0,536	0,552	58	0,109	0,388	0,446	0,488
22	0,362	0,510	0,534	0,550	59	0,105	0,385	0,444	0,486
23	0,352	0,506	0,531	0,548	60	0,100	0,381	0,442	0,485
24	0,343	0,503	0,529	0,546	61	0,096	0,378	0,439	0,483
25	0,334	0,499	0,526	0,545	62	0,092	0,375	0,437	0,481
26	0,325	0,496	0,524	0,543	63	0,088	0,372	0,435	0,479
27	0,316	0,492	0,521	0,541	64	0,085	0,369	0,432	0,478
28	0,307	0,489	0,519	0,539	65	0,081	0,365	0,430	0,476
29	0,299	0,485	0,516	0,538	66	0,077	0,362	0,428	0,474
30	0,290	0,482	0,514	0,536	67	0,074	0,359	0,425	0,473
31	0,282	0,479	0,512	0,534	68	0,071	0,356	0,423	0,471
32	0,273	0,475	0,509	0,533	69	0,068	0,353	0,421	0,469
33	0,265	0,472	0,507	0,531	70	0,065	0,350	0,418	0,468
34	0,257	0,468	0,504	0,529	71	0,062	0,347	0,416	0,466
35	0,249	0,465	0,502	0,527	72	0,059	0,344	0,414	0,464
36	0,242	0,461	0,499	0,526	73	0,056	0,341	0,411	0,463

Tabela E.13 – Estimativa do comportamento do teor de cloretos nos tetrápodes ao longo da profundidade considerando Cs fixo de 0,588% na idade de 5 anos.

Profund. (mm)	**$t_{Csmáx.}$ 20,15 anos**	**50 anos**	**100 anos**	**200 anos**	**Profund. (mm)**	**$t_{Csmáx.}$ 20,15 anos**	**50 anos**	**100 anos**	**200 anos**
74	0,054	0,337	0,409	0,461	117	0,004	0,220	0,315	0,391
75	0,051	0,334	0,407	0,459	118	0,004	0,218	0,313	0,389
76	0,049	0,331	0,405	0,458	119	0,004	0,215	0,311	0,388
77	0,046	0,328	0,402	0,456	120	0,004	0,213	0,309	0,386
78	0,044	0,325	0,400	0,454					
79	0,042	0,322	0,398	0,453					
80	0,040	0,319	0,395	0,451					
81	0,038	0,317	0,393	0,449					
82	0,036	0,314	0,391	0,448					
83	0,034	0,311	0,389	0,446					
84	0,032	0,308	0,386	0,444					
85	0,031	0,305	0,384	0,443					
86	0,029	0,302	0,382	0,441					
87	0,028	0,299	0,380	0,439					
88	0,026	0,296	0,378	0,438					
89	0,025	0,293	0,375	0,436					
90	0,023	0,291	0,373	0,434					
91	0,022	0,288	0,371	0,433					
92	0,021	0,285	0,369	0,431					
93	0,020	0,282	0,366	0,430					
94	0,019	0,279	0,364	0,428					
95	0,018	0,277	0,362	0,426					
96	0,017	0,274	0,360	0,425					
97	0,016	0,271	0,358	0,423					
98	0,015	0,268	0,356	0,421					
99	0,014	0,266	0,353	0,420					
100	0,013	0,263	0,351	0,418					
101	0,012	0,260	0,349	0,416					
102	0,012	0,258	0,347	0,415					
103	0,011	0,255	0,345	0,413					
104	0,010	0,253	0,343	0,412					
105	0,010	0,250	0,341	0,410					
106	0,009	0,247	0,338	0,408					
107	0,009	0,245	0,336	0,407					
108	0,008	0,242	0,334	0,405					
109	0,008	0,240	0,332	0,404					
110	0,007	0,237	0,330	0,402					
111	0,007	0,235	0,328	0,400					
112	0,006	0,232	0,326	0,399					
113	0,006	0,230	0,324	0,397					
114	0,005	0,227	0,322	0,396					
115	0,005	0,225	0,320	0,394					
116	0,005	0,222	0,318	0,392					

MICRO-AMBIENTE MLOI

Tabela E.14 – Estimativa do comportamento do teor de cloretos nos tetrápodes ao longo da profundidade considerando Cs fixo de 0,588% na idade de 9,5 anos.

Profund. (mm)	$t_{Csmáx.}$ 16,91 anos	50 anos	100 anos	200 anos	Profund. (mm)	$t_{Csmáx.}$ 16,91 anos	50 anos	100 anos	200 anos
0	0,588	0,588	0,588	0,588	37	0,403	0,495	0,525	0,544
1	0,583	0,585	0,586	0,587	38	0,398	0,493	0,523	0,543
2	0,578	0,583	0,585	0,586	39	0,393	0,491	0,521	0,542
3	0,573	0,580	0,583	0,584	40	0,389	0,488	0,520	0,540
4	0,567	0,578	0,581	0,583	41	0,384	0,486	0,518	0,539
5	0,562	0,575	0,579	0,582	42	0,380	0,483	0,516	0,538
6	0,557	0,573	0,578	0,581	43	0,375	0,481	0,514	0,537
7	0,552	0,570	0,576	0,580	44	0,370	0,478	0,513	0,536
8	0,547	0,568	0,574	0,578	45	0,366	0,476	0,511	0,534
9	0,542	0,565	0,573	0,577	46	0,361	0,473	0,509	0,533
10	0,537	0,563	0,571	0,576	47	0,357	0,471	0,508	0,532
11	0,532	0,560	0,569	0,575	48	0,352	0,469	0,506	0,531
12	0,527	0,558	0,567	0,574	49	0,348	0,466	0,504	0,530
13	0,521	0,555	0,566	0,572	50	0,343	0,464	0,503	0,528
14	0,516	0,553	0,564	0,571	51	0,339	0,461	0,501	0,527
15	0,511	0,550	0,562	0,570	52	0,335	0,459	0,499	0,526
16	0,506	0,548	0,561	0,569	53	0,330	0,456	0,498	0,525
17	0,501	0,545	0,559	0,568	54	0,326	0,454	0,496	0,524
18	0,496	0,543	0,557	0,567	55	0,322	0,452	0,494	0,523
19	0,491	0,540	0,555	0,565	56	0,317	0,449	0,493	0,521
20	0,486	0,538	0,554	0,564	57	0,313	0,447	0,491	0,520
21	0,481	0,535	0,552	0,563	58	0,309	0,444	0,489	0,519
22	0,476	0,533	0,550	0,562	59	0,305	0,442	0,487	0,518
23	0,471	0,530	0,549	0,561	60	0,300	0,440	0,486	0,517
24	0,466	0,528	0,547	0,559	61	0,296	0,437	0,484	0,515
25	0,461	0,525	0,545	0,558	62	0,292	0,435	0,482	0,514
26	0,456	0,523	0,543	0,557	63	0,288	0,432	0,481	0,513
27	0,451	0,520	0,542	0,556	64	0,284	0,430	0,479	0,512
28	0,446	0,518	0,540	0,555	65	0,280	0,428	0,477	0,511
29	0,441	0,515	0,538	0,553	66	0,276	0,425	0,476	0,510
30	0,437	0,513	0,537	0,552	67	0,272	0,423	0,474	0,508
31	0,432	0,510	0,535	0,551	68	0,268	0,421	0,472	0,507
32	0,427	0,508	0,533	0,550	69	0,264	0,418	0,471	0,506
33	0,422	0,505	0,531	0,549	70	0,261	0,416	0,469	0,505
34	0,417	0,503	0,530	0,547	71	0,257	0,414	0,467	0,504
35	0,412	0,500	0,528	0,546	72	0,253	0,411	0,466	0,503
36	0,408	0,498	0,526	0,545	73	0,249	0,409	0,464	0,501

Tabela E.14 – Estimativa do comportamento do teor de cloretos nos tetrápodes ao longo da profundidade considerando Cs fixo de 0,588% na idade de 9,5 anos.

Profund. (mm)	**$t_{Csmáx.}$ 16,91 anos**	**50 anos**	**100 anos**	**200 anos**	**Profund. (mm)**	**$t_{Csmáx.}$ 16,91 anos**	**50 anos**	**100 anos**	**200 anos**
74	0,246	0,407	0,462	0,500	117	0,118	0,312	0,393	0,450
75	0,242	0,404	0,461	0,499	118	0,115	0,310	0,392	0,449
76	0,238	0,402	0,459	0,498	119	0,113	0,308	0,390	0,448
77	0,235	0,400	0,458	0,497	120	0,111	0,306	0,388	0,447
78	0,231	0,397	0,456	0,496					
79	0,227	0,395	0,454	0,494					
80	0,224	0,393	0,453	0,493					
81	0,220	0,390	0,451	0,492					
82	0,217	0,388	0,449	0,491					
83	0,214	0,386	0,448	0,490					
84	0,210	0,384	0,446	0,488					
85	0,207	0,381	0,444	0,487					
86	0,204	0,379	0,443	0,486					
87	0,200	0,377	0,441	0,485					
88	0,197	0,374	0,439	0,484					
89	0,194	0,372	0,438	0,483					
90	0,191	0,370	0,436	0,482					
91	0,187	0,368	0,435	0,480					
92	0,184	0,366	0,433	0,479					
93	0,181	0,363	0,431	0,478					
94	0,178	0,361	0,430	0,477					
95	0,175	0,359	0,428	0,476					
96	0,172	0,357	0,426	0,475					
97	0,169	0,354	0,425	0,473					
98	0,166	0,352	0,423	0,472					
99	0,164	0,350	0,422	0,471					
100	0,161	0,348	0,420	0,470					
101	0,158	0,346	0,418	0,469					
102	0,155	0,344	0,417	0,468					
103	0,152	0,341	0,415	0,466					
104	0,150	0,339	0,414	0,465					
105	0,147	0,337	0,412	0,464					
106	0,144	0,335	0,410	0,463					
107	0,142	0,333	0,409	0,462					
108	0,139	0,331	0,407	0,461					
109	0,137	0,329	0,406	0,460					
110	0,134	0,326	0,404	0,458					
111	0,132	0,324	0,403	0,457					
112	0,129	0,322	0,401	0,456					
113	0,127	0,320	0,399	0,455					
114	0,124	0,318	0,398	0,454					
115	0,122	0,316	0,396	0,453					
116	0,120	0,314	0,395	0,452					

MICRO-AMBIENTE MLOI

Tabela E.15 – Estimativa do comportamento do teor de cloretos nos tetrápodes ao longo da profundidade considerando Cs fixo de 0,588% na idade de 5 anos considerando keq.

Profund. (mm)	$t_{Csmáx.}$ 13,17 anos	50 anos	100 anos	200 anos	Profund. (mm)	$t_{Csmáx.}$ 13,17 anos	50 anos	100 anos	200 anos
0	0,588	0,588	0,588	0,588	37	0,347	0,482	0,514	0,537
1	0,581	0,585	0,586	0,587	38	0,341	0,479	0,512	0,535
2	0,574	0,582	0,584	0,585	39	0,336	0,476	0,511	0,534
3	0,568	0,579	0,582	0,584	40	0,330	0,473	0,509	0,532
4	0,561	0,576	0,580	0,582	41	0,324	0,470	0,507	0,531
5	0,554	0,574	0,578	0,581	42	0,318	0,468	0,505	0,530
6	0,547	0,571	0,576	0,580	43	0,313	0,465	0,503	0,528
7	0,540	0,568	0,574	0,578	44	0,307	0,462	0,501	0,527
8	0,534	0,565	0,572	0,577	45	0,302	0,459	0,499	0,526
9	0,527	0,562	0,570	0,575	46	0,296	0,456	0,497	0,524
10	0,520	0,559	0,568	0,574	47	0,291	0,454	0,495	0,523
11	0,513	0,556	0,566	0,573	48	0,285	0,451	0,493	0,521
12	0,507	0,553	0,564	0,571	49	0,280	0,448	0,491	0,520
13	0,500	0,550	0,562	0,570	50	0,275	0,445	0,489	0,519
14	0,493	0,547	0,560	0,569	51	0,270	0,442	0,487	0,517
15	0,486	0,545	0,558	0,567	52	0,264	0,440	0,485	0,516
16	0,480	0,542	0,556	0,566	53	0,259	0,437	0,483	0,514
17	0,473	0,539	0,554	0,564	54	0,254	0,434	0,481	0,513
18	0,467	0,536	0,552	0,563	55	0,249	0,432	0,479	0,512
19	0,460	0,533	0,550	0,562	56	0,244	0,429	0,477	0,510
20	0,453	0,530	0,548	0,560	57	0,239	0,426	0,475	0,509
21	0,447	0,527	0,546	0,559	58	0,235	0,423	0,473	0,508
22	0,440	0,524	0,544	0,557	59	0,230	0,421	0,471	0,506
23	0,434	0,522	0,542	0,556	60	0,225	0,418	0,470	0,505
24	0,428	0,519	0,540	0,555	61	0,221	0,415	0,468	0,504
25	0,421	0,516	0,538	0,553	62	0,216	0,412	0,466	0,502
26	0,415	0,513	0,536	0,552	63	0,212	0,410	0,464	0,501
27	0,408	0,510	0,534	0,550	64	0,207	0,407	0,462	0,499
28	0,402	0,507	0,532	0,549	65	0,203	0,404	0,460	0,498
29	0,396	0,504	0,530	0,548	66	0,198	0,402	0,458	0,497
30	0,390	0,501	0,528	0,546	67	0,194	0,399	0,456	0,495
31	0,384	0,499	0,526	0,545	68	0,190	0,396	0,454	0,494
32	0,377	0,496	0,524	0,543	69	0,186	0,394	0,452	0,493
33	0,371	0,493	0,522	0,542	70	0,182	0,391	0,450	0,491
34	0,365	0,490	0,520	0,541	71	0,178	0,389	0,448	0,490
35	0,359	0,487	0,518	0,539	72	0,174	0,386	0,447	0,488
36	0,353	0,484	0,516	0,538	73	0,170	0,383	0,445	0,487

Tabela E.15 – Estimativa do comportamento do teor de cloretos nos tetrápodes ao longo da profundidade considerando Cs fixo de 0,588% na idade de 5 anos considerando keq.

Profund. (mm)	**$t_{Csmáx.}$ 13,17 anos**	**50 anos**	**100 anos**	**200 anos**	**Profund. (mm)**	**$t_{Csmáx.}$ 13,17 anos**	**50 anos**	**100 anos**	**200 anos**
74	0,166	0,381	0,443	0,486	117	0,052	0,276	0,364	0,428
75	0,162	0,378	0,441	0,484	118	0,051	0,274	0,362	0,427
76	0,158	0,375	0,439	0,483	119	0,049	0,272	0,360	0,426
77	0,155	0,373	0,437	0,482	120	0,048	0,269	0,359	0,424
78	0,151	0,370	0,435	0,480					
79	0,147	0,368	0,433	0,479					
80	0,144	0,365	0,431	0,478					
81	0,141	0,363	0,429	0,476					
82	0,137	0,360	0,428	0,475					
83	0,134	0,357	0,426	0,474					
84	0,131	0,355	0,424	0,472					
85	0,127	0,352	0,422	0,471					
86	0,124	0,350	0,420	0,470					
87	0,121	0,347	0,418	0,468					
88	0,118	0,345	0,416	0,467					
89	0,115	0,342	0,415	0,465					
90	0,112	0,340	0,413	0,464					
91	0,109	0,337	0,411	0,463					
92	0,106	0,335	0,409	0,461					
93	0,104	0,332	0,407	0,460					
94	0,101	0,330	0,405	0,459					
95	0,098	0,328	0,403	0,457					
96	0,096	0,325	0,402	0,456					
97	0,093	0,323	0,400	0,455					
98	0,091	0,320	0,398	0,453					
99	0,088	0,318	0,396	0,452					
100	0,086	0,315	0,394	0,451					
101	0,084	0,313	0,392	0,449					
102	0,081	0,311	0,391	0,448					
103	0,079	0,308	0,389	0,447					
104	0,077	0,306	0,387	0,445					
105	0,075	0,304	0,385	0,444					
106	0,073	0,301	0,383	0,443					
107	0,070	0,299	0,382	0,441					
108	0,068	0,297	0,380	0,440					
109	0,066	0,294	0,378	0,439					
110	0,065	0,292	0,376	0,437					
111	0,063	0,290	0,374	0,436					
112	0,061	0,287	0,373	0,435					
113	0,059	0,285	0,371	0,434					
114	0,057	0,283	0,369	0,432					
115	0,056	0,281	0,367	0,431					
116	0,054	0,278	0,366	0,430					

MICRO-AMBIENTE MLOI

Tabela E.16 – Estimativa do comportamento do teor de cloretos nos tetrápodes ao longo da profundidade considerando Cs fixo de 0,588% na idade de 9,5 anos considerando keq.

Profund. (mm)	$t_{Csmáx.}$ 13,17 anos	50 anos	100 anos	200 anos	Profund. (mm)	$t_{Csmáx.}$ 13,17 anos	50 anos	100 anos	200 anos
0	0,588	0,588	0,588	0,588	37	0,354	0,485	0,517	0,538
1	0,581	0,585	0,586	0,587	38	0,349	0,482	0,515	0,537
2	0,575	0,582	0,584	0,585	39	0,343	0,480	0,513	0,536
3	0,568	0,580	0,582	0,584	40	0,337	0,477	0,511	0,534
4	0,562	0,577	0,580	0,583	41	0,332	0,474	0,509	0,533
5	0,555	0,574	0,578	0,581	42	0,326	0,471	0,507	0,532
6	0,548	0,571	0,576	0,580	43	0,321	0,469	0,505	0,530
7	0,542	0,568	0,574	0,579	44	0,315	0,466	0,504	0,529
8	0,535	0,566	0,573	0,577	45	0,310	0,463	0,502	0,528
9	0,529	0,563	0,571	0,576	46	0,304	0,461	0,500	0,526
10	0,522	0,560	0,569	0,575	47	0,299	0,458	0,498	0,525
11	0,516	0,557	0,567	0,573	48	0,294	0,455	0,496	0,524
12	0,509	0,554	0,565	0,572	49	0,289	0,452	0,494	0,522
13	0,503	0,552	0,563	0,570	50	0,283	0,450	0,492	0,521
14	0,496	0,549	0,561	0,569	51	0,278	0,447	0,490	0,520
15	0,490	0,546	0,559	0,568	52	0,273	0,444	0,488	0,518
16	0,483	0,543	0,557	0,566	53	0,268	0,442	0,486	0,517
17	0,477	0,540	0,555	0,565	54	0,263	0,439	0,485	0,516
18	0,471	0,538	0,553	0,564	55	0,258	0,436	0,483	0,514
19	0,464	0,535	0,551	0,562	56	0,253	0,434	0,481	0,513
20	0,458	0,532	0,549	0,561	57	0,249	0,431	0,479	0,512
21	0,451	0,529	0,548	0,560	58	0,244	0,428	0,477	0,510
22	0,445	0,526	0,546	0,558	59	0,239	0,426	0,475	0,509
23	0,439	0,524	0,544	0,557	60	0,234	0,423	0,473	0,508
24	0,433	0,521	0,542	0,556	61	0,230	0,421	0,471	0,506
25	0,426	0,518	0,540	0,554	62	0,225	0,418	0,470	0,505
26	0,420	0,515	0,538	0,553	63	0,221	0,415	0,468	0,504
27	0,414	0,513	0,536	0,552	64	0,216	0,413	0,466	0,502
28	0,408	0,510	0,534	0,550	65	0,212	0,410	0,464	0,501
29	0,402	0,507	0,532	0,549	66	0,208	0,408	0,462	0,500
30	0,396	0,504	0,530	0,548	67	0,204	0,405	0,460	0,498
31	0,390	0,502	0,528	0,546	68	0,199	0,402	0,458	0,497
32	0,384	0,499	0,526	0,545	69	0,195	0,400	0,457	0,496
33	0,378	0,496	0,524	0,544	70	0,191	0,397	0,455	0,494
34	0,372	0,493	0,523	0,542	71	0,187	0,395	0,453	0,493
35	0,366	0,491	0,521	0,541	72	0,183	0,392	0,451	0,492
36	0,360	0,488	0,519	0,540	73	0,179	0,390	0,449	0,490

Tabela E.16 – Estimativa do comportamento do teor de cloretos nos tetrápodes ao longo da profundidade considerando Cs fixo de 0,588% na idade de 9,5 anos considerando keq.

Profund. (mm)	**$t_{Cs máx.}$ 13,17 anos**	**50 anos**	**100 anos**	**200 anos**	**Profund. (mm)**	**$t_{Cs máx.}$ 13,17 anos**	**50 anos**	**100 anos**	**200 anos**
74	0,175	0,387	0,447	0,489	117	0,059	0,285	0,371	0,433
75	0,171	0,384	0,445	0,488	118	0,057	0,282	0,369	0,432
76	0,168	0,382	0,444	0,486	119	0,055	0,280	0,367	0,431
77	0,164	0,379	0,442	0,485	120	0,054	0,278	0,365	0,429
78	0,160	0,377	0,440	0,484					
79	0,157	0,374	0,438	0,482					
80	0,153	0,372	0,436	0,481					
81	0,150	0,369	0,434	0,480					
82	0,146	0,367	0,433	0,479					
83	0,143	0,364	0,431	0,477					
84	0,140	0,362	0,429	0,476					
85	0,136	0,359	0,427	0,475					
86	0,133	0,357	0,425	0,473					
87	0,130	0,355	0,424	0,472					
88	0,127	0,352	0,422	0,471					
89	0,124	0,350	0,420	0,469					
90	0,121	0,347	0,418	0,468					
91	0,118	0,345	0,416	0,467					
92	0,115	0,342	0,415	0,465					
93	0,112	0,340	0,413	0,464					
94	0,109	0,338	0,411	0,463					
95	0,107	0,335	0,409	0,462					
96	0,104	0,333	0,407	0,460					
97	0,101	0,330	0,406	0,459					
98	0,099	0,328	0,404	0,458					
99	0,096	0,326	0,402	0,456					
100	0,094	0,323	0,400	0,455					
101	0,091	0,321	0,398	0,454					
102	0,089	0,319	0,397	0,453					
103	0,087	0,316	0,395	0,451					
104	0,084	0,314	0,393	0,450					
105	0,082	0,312	0,391	0,449					
106	0,080	0,309	0,390	0,447					
107	0,078	0,307	0,388	0,446					
108	0,076	0,305	0,386	0,445					
109	0,074	0,303	0,384	0,444					
110	0,072	0,300	0,383	0,442					
111	0,070	0,298	0,381	0,441					
112	0,068	0,296	0,379	0,440					
113	0,066	0,294	0,377	0,438					
114	0,064	0,291	0,376	0,437					
115	0,062	0,289	0,374	0,436					
116	0,060	0,287	0,372	0,435					

ANEXO F – Estimativa de keq entre as idades de 5 anos e 9,5 anos para os quatro micro-ambientes estudados.

Tabela F.1 – Estimativa de keq para o micro-ambiente MLLS.

Considerando k = 0,130			
t(anos)	**Cs=k*(t)$^{1/2}$**	**CsEstimado**	**(Cscalc. -Csest.)^2**
0	0	0	0
5	0,2757716	0,24	0,001279611
9,5	0,4006869	0,43	0,000859257
		Soma =	0,002138868
Considerando k = 0,132			
t(anos)	**Cs=k*(t)$^{1/2}$**	**CsEstimado**	**(Cscalc. -Csest.)^2**
0	0	0	0
5	0,2800143	0,24	0,001601143
9,5	0,4068513	0,43	0,000535861
		Soma =	0,002137004
Considerando k = 0,131			
t(anos)	**Cs=k*(t)$^{1/2}$**	**CsEstimado**	**(Cscalc. -Csest.)^2**
0	0	0	0
5	0,277893	0,24	0,001435877
9,5	0,4037691	0,43	0,000688059
		Soma =	0,002123936

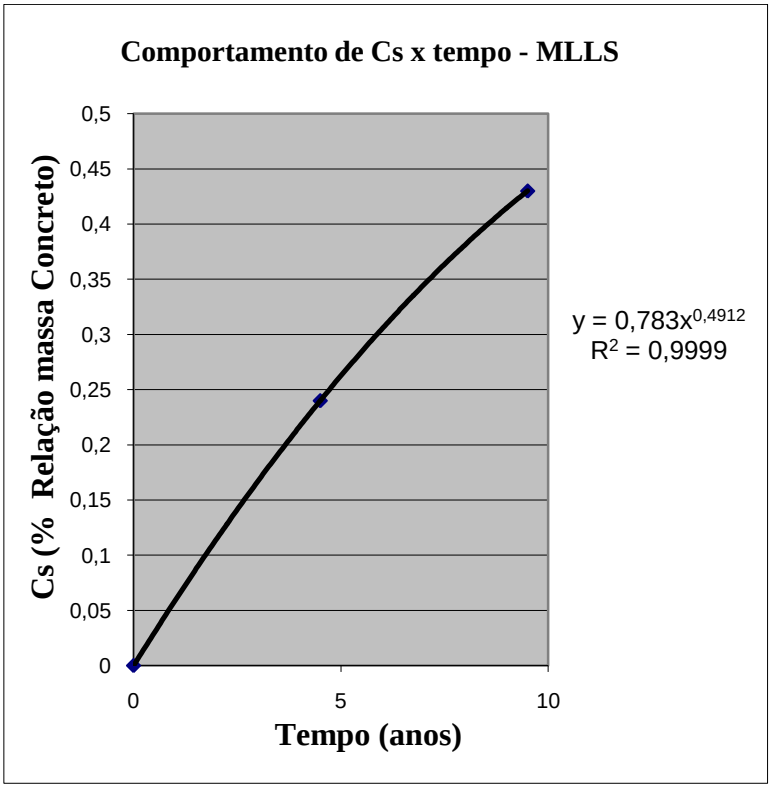


Figura F.1 – Comportamento de Cs, aproximadamente, em função da raiz do tempo- MLLS.

Tabela F.2 – Estimativa de keq para o micro-ambiente MLLM.

Considerando k = 0,182			
t (anos)	**Cs=k*(t)$^{1/2}$**	**CsEstimado**	**(Cscalc-Csest.)^2**
0	0	0	0
5	0,3860803	0,34	0,002123394
9,5	0,5609617	0,59	0,000843224
		SOMA =	0,002966619
Considerando k = 0,181			
t(anos)	**Cs=k*(t)$^{1/2}$**	**CsEstimado**	**(Cscalc. -Csest.)^2**
0	0	0	0
5	0,383959	0,34	0,001932392
9,5	0,5578795	0,59	0,001031729
		SOMA =	0,002964121
Considerando k = 0,180			
t(anos)	**Cs=k*(t)$^{1/2}$**	**CsEstimado**	**(Cscalc. - Csest.)^2**
0	0	0	0
5	0,3818377	0,34	0,00175039
9,5	0,5547973	0,59	0,001239233
		SOMA =	0,002989623

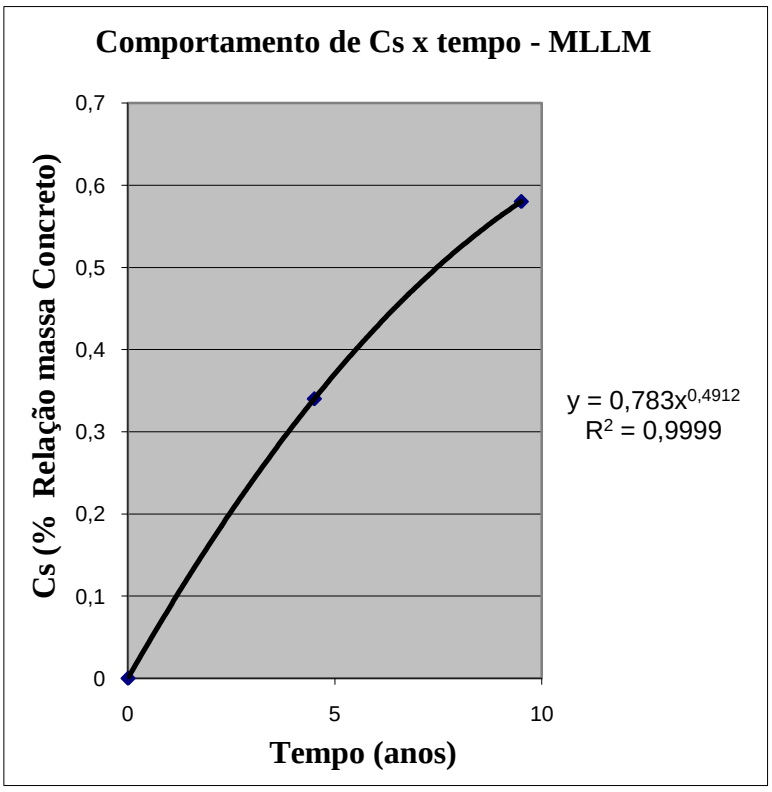


Figura F.2 –Comportamento de Cs, aproximadamente, em função da raiz do tempo - MLLM.

Tabela F.3 – Estimativa de keq para o micro-ambiente MLOM.

Considerando k = 0,137			
t(anos)	**Cs=k*(t)$^{1/2}$**	**CsEstimado**	**(Cscalc. -Csest.)^2**
0	0	0	0
5	0,29062089	0,23	0,003674892
9,5	0,42226236	0,46	0,00142413
		SOMA =	0,005099021
Considerando k = 0,136			
t(anos)	**Cs=k*(t)$^{1/2}$**	**CsEstimado**	**(Cscalc. - Csest.)^2**
0	0	0	0
5	0,28849957	0,23	0,003422199
9,5	0,41918015	0,46	0,00166626
		SOMA =	0,005088459
Considerando k = 0,135			
t(anos)	**Cs=k*(t)$^{1/2}$**	**CsEstimado**	**(Cscalc. - Csest.)^2**
0	0	0	0
5	0,28637825	0,23	0,003178507
9,5	0,41609795	0,46	0,00192739
		SOMA =	0,005105897

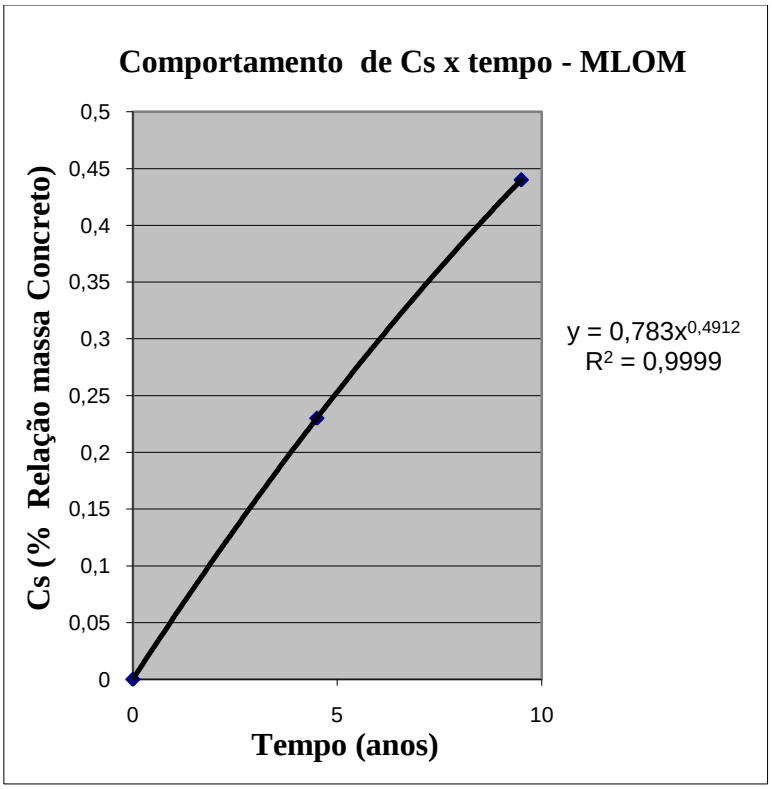


Figura F.3 –Comportamento de Cs, aproximadamente, em função da raiz do tempo- MLOM.

Tabela F.4 – Estimativa de keq para o micro-ambiente MLOI.

Considerando k = 0,163			
t(anos)	**Cs=k*(t)$^{1/2}$**	**CsEstimado**	**(Cscalc. - Csest.)^2**
0	0	0	0
5	0,3457752	0,43	0,007093814
9,5	0,5023997	0,44	0,003893728
		SOMA =	0,010987542
Considerando k = 0,161			
t(anos)	**Cs=k*(t)$^{1/2}$**	**CsEstimado**	**(Cscalc. - Csest.)^2**
0	0	0	0
5	0,3415326	0,43	0,007826485
9,5	0,4962353	0,44	0,003162412
		SOMA =	0,010988897
Considerando k = 0,162			
t(anos)	**Cs=k*(t)$^{1/2}$**	**CsEstimado**	**(Cscalc. - Csest.)^2**
0	0	0	0
5	0,3436539	0,43	0,00745565
9,5	0,4993175	0,44	0,00351857
		SOMA =	0,01097422

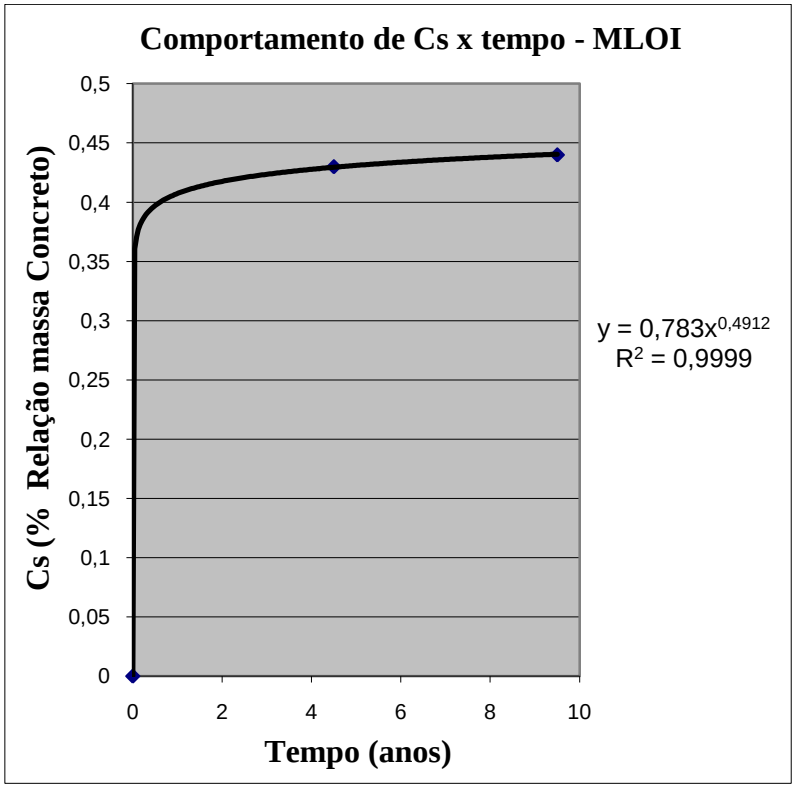


Figura F.4 –Comportamento de Cs, aproximadamente, em função da raiz do tempo- MLOI.

ANEXO G – Previsão do comportamento em relação a despassivação do aço dos quatro micro-ambientes dos tetrápodes estudados supondo 50 anos de exposição do concreto.

Tabela G.1 – Comportamento da despassivação para MLLS, MLLM, MLOM e MLOI ao longo da profundidade, em 50 anos de exposição do concreto ao ataque de íons cloreto na idade de 9,5 anos e keq.

Prof. (mm)	MLLS	MLLM	MLOM	MLOI	Prof. (mm)	MLLS	MLLM	MLOM	MLOI
0	0,588	0,588	0,588	0,588	34	0,447	0,514	0,475	0,493
1	0,584	0,586	0,585	0,585	35	0,443	0,512	0,472	0,491
2	0,580	0,584	0,581	0,582	36	0,439	0,510	0,468	0,488
3	0,575	0,581	0,578	0,580	37	0,435	0,508	0,465	0,485
4	0,571	0,579	0,575	0,577	38	0,431	0,506	0,462	0,482
5	0,567	0,577	0,571	0,574	39	0,427	0,503	0,459	0,480
6	0,563	0,575	0,568	0,571	40	0,423	0,501	0,455	0,477
7	0,559	0,573	0,564	0,568	41	0,419	0,499	0,452	0,474
8	0,554	0,571	0,561	0,566	42	0,416	0,497	0,449	0,471
9	0,550	0,568	0,558	0,563	43	0,412	0,495	0,446	0,469
10	0,546	0,566	0,554	0,560	44	0,408	0,493	0,442	0,466
11	0,542	0,564	0,551	0,557	45	0,404	0,491	0,439	0,463
12	0,538	0,562	0,548	0,554	46	0,400	0,488	0,436	0,461
13	0,533	0,560	0,544	0,552	47	0,396	0,486	0,433	0,458
14	0,529	0,557	0,541	0,549	48	0,392	0,484	0,430	0,455
15	0,525	0,555	0,538	0,546	49	0,389	0,482	0,427	0,452
16	0,521	0,553	0,534	0,543	50	0,385	0,480	0,423	0,450
17	0,517	0,551	0,531	0,540	51	0,381	0,478	0,420	0,447
18	0,513	0,549	0,528	0,538	52	0,377	0,476	0,417	0,444
19	0,509	0,547	0,524	0,535	53	0,373	0,474	0,414	0,442
20	0,504	0,544	0,521	0,532	54	0,370	0,471	0,411	0,439
21	0,500	0,542	0,518	0,529	55	0,366	0,469	0,408	0,436
22	0,496	0,540	0,514	0,526	56	0,362	0,467	0,405	0,434
23	0,492	0,538	0,511	0,524	57	0,358	0,465	0,402	0,431
24	0,488	0,536	0,508	0,521	58	0,355	0,463	0,398	0,428
25	0,484	0,534	0,504	0,518	59	0,351	0,461	0,395	0,426
26	0,480	0,531	0,501	0,515	60	0,347	0,459	0,392	0,423
27	0,476	0,529	0,498	0,513	61	0,344	0,457	0,389	0,421
28	0,472	0,527	0,494	0,510	62	0,340	0,455	0,386	0,418
29	0,467	0,525	0,491	0,507	63	0,337	0,453	0,383	0,415
30	0,463	0,523	0,488	0,504	64	0,333	0,450	0,380	0,413
31	0,459	0,521	0,485	0,502	65	0,330	0,448	0,377	0,410
32	0,455	0,518	0,481	0,499	66	0,326	0,446	0,374	0,408
33	0,451	0,516	0,478	0,496	67	0,322	0,444	0,371	0,405

Prof. (mm)	MLLS	MLLM	MLOM	MLOI	Prof. (mm)	MLLS	MLLM	MLOM	MLOI
68	0,319	0,442	0,368	0,402	102	0,212	0,374	0,273	0,319
69	0,315	0,440	0,365	0,400	103	0,209	0,372	0,271	0,316
70	0,312	0,438	0,362	0,397	104	0,207	0,370	0,268	0,314
71	0,309	0,436	0,359	0,395	105	0,204	0,368	0,266	0,312
72	0,305	0,434	0,356	0,392	106	0,201	0,366	0,263	0,309
73	0,302	0,432	0,353	0,390	107	0,199	0,364	0,261	0,307
74	0,298	0,430	0,350	0,387	108	0,196	0,362	0,258	0,305
75	0,295	0,428	0,347	0,384	109	0,193	0,360	0,256	0,303
76	0,292	0,426	0,345	0,382	110	0,191	0,358	0,253	0,300
77	0,288	0,424	0,342	0,379	111	0,188	0,356	0,251	0,298
78	0,285	0,422	0,339	0,377	112	0,186	0,354	0,248	0,296
79	0,282	0,419	0,336	0,374	113	0,183	0,352	0,246	0,294
80	0,278	0,417	0,333	0,372	114	0,181	0,351	0,243	0,291
81	0,275	0,415	0,330	0,369	115	0,178	0,349	0,241	0,289
82	0,272	0,413	0,327	0,367	116	0,176	0,347	0,239	0,287
83	0,269	0,411	0,325	0,364	117	0,173	0,345	0,236	0,285
84	0,266	0,409	0,322	0,362	118	0,171	0,343	0,234	0,282
85	0,262	0,407	0,319	0,359	119	0,168	0,341	0,232	0,280
86	0,259	0,405	0,316	0,357	120	0,166	0,339	0,229	0,278
87	0,256	0,403	0,313	0,355	121	0,164	0,337	0,227	0,276
88	0,253	0,401	0,311	0,352	122	0,161	0,335	0,225	0,274
89	0,250	0,399	0,308	0,350	123	0,159	0,334	0,222	0,272
90	0,247	0,397	0,305	0,347	124	0,157	0,332	0,220	0,270
91	0,244	0,395	0,302	0,345	125	0,155	0,330	0,218	0,267
92	0,241	0,393	0,300	0,342	126	0,152	0,328	0,216	0,265
93	0,238	0,391	0,297	0,340	127	0,150	0,326	0,213	0,263
94	0,235	0,389	0,294	0,338	128	0,148	0,324	0,211	0,261
95	0,232	0,387	0,292	0,335	129	0,146	0,323	0,209	0,259
96	0,229	0,385	0,289	0,333	130	0,144	0,321	0,207	0,257
97	0,226	0,383	0,286	0,330	131	0,141	0,319	0,205	0,255
98	0,223	0,381	0,284	0,328	132	0,139	0,317	0,202	0,253
99	0,221	0,379	0,281	0,326	133	0,137	0,315	0,200	0,251
100	0,218	0,377	0,278	0,323	134	0,135	0,314	0,198	0,249
101	0,215	0,376	0,276	0,321	135	0,133	0,312	0,196	0,247

Prof. (mm)	MLLS	MLLM	MLOM	MLOI	Prof. (mm)	MLLS	MLLM	MLOM	MLOI
136	0,131	0,310	0,194	0,245	170	0,075	0,252	0,131	0,182
137	0,129	0,308	0,192	0,243	171	0,074	0,251	0,130	0,180
138	0,127	0,306	0,190	0,241	172	0,073	0,249	0,128	0,179
139	0,125	0,305	0,188	0,239	173	0,071	0,248	0,126	0,177
140	0,123	0,303	0,186	0,237	174	0,070	0,246	0,125	0,175
141	0,121	0,301	0,184	0,235	175		0,245	0,123	0,174
142	0,120	0,299	0,182	0,233	176		0,243	0,122	0,172
143	0,118	0,298	0,180	0,231	177		0,241	0,120	0,170
144	0,116	0,296	0,178	0,229	178		0,240	0,119	0,169
145	0,114	0,294	0,176	0,227	179		0,238	0,117	0,167
146	0,112	0,292	0,174	0,225	180		0,237	0,116	0,166
147	0,110	0,291	0,172	0,223	181		0,235	0,114	0,164
148	0,109	0,289	0,170	0,221	182		0,234	0,113	0,163
149	0,107	0,287	0,168	0,219	183		0,232	0,112	0,161
150	0,105	0,286	0,166	0,217	184		0,231	0,110	0,159
151	0,104	0,284	0,164	0,216	185		0,229	0,109	0,158
152	0,102	0,282	0,162	0,214	186		0,228	0,107	0,156
153	0,100	0,280	0,160	0,212	187		0,226	0,106	0,155
154	0,099	0,279	0,159	0,210	188		0,225	0,105	0,153
155	0,097	0,277	0,157	0,208	189		0,223	0,103	0,152
156	0,095	0,275	0,155	0,206	190		0,222	0,102	0,150
157	0,094	0,274	0,153	0,205	191		0,220	0,101	0,149
158	0,092	0,272	0,151	0,203	192		0,219	0,099	0,148
159	0,091	0,270	0,150	0,201	193		0,217	0,098	0,146
160	0,089	0,269	0,148	0,199	194		0,216	0,097	0,145
161	0,088	0,267	0,146	0,197	195		0,214	0,095	0,143
162	0,086	0,265	0,144	0,196	196		0,213	0,094	0,142
163	0,085	0,264	0,143	0,194	197		0,212	0,093	0,140
164	0,083	0,262	0,141	0,192	198		0,210	0,092	0,139
165	0,082	0,260	0,139	0,190	199		0,209	0,090	0,138
166	0,081	0,259	0,138	0,189	200		0,207	0,089	0,136
167	0,079	0,257	0,136	0,187	201		0,206	0,088	0,135
168	0,078	0,256	0,134	0,185	202		0,204	0,087	0,134
169	0,076	0,254	0,133	0,184	203		0,203	0,086	0,132

Prof. (mm)	MLLS	MLLM	MLOM	MLOI	Prof. (mm)	MLLS	MLLM	MLOM	MLOI
204		0,202	0,085	0,131	238		0,158		0,091
205		0,200	0,083	0,130	239		0,157		0,090
206		0,199	0,082	0,128	240		0,156		0,089
207		0,197	0,081	0,127	241		0,154		0,088
208		0,196	0,080	0,126	242		0,153		0,087
209		0,195	0,079	0,124	243		0,152		0,086
210		0,193	0,078	0,123	244		0,151		0,085
211		0,192	0,077	0,122	245		0,150		0,084
212		0,191	0,076	0,120	246		0,149		0,083
213		0,189	0,075	0,119	247		0,147		0,082
214		0,188	0,074	0,118	248		0,146		0,081
215		0,187	0,073	0,117	249		0,145		0,080
216		0,185	0,072	0,116	250		0,144		0,079
217		0,184	0,070	0,114	251		0,143		0,078
218		0,183		0,113	252		0,142		0,078
219		0,181		0,112	253		0,141		0,077
220		0,180		0,111	254		0,140		0,076
221		0,179		0,110	255		0,139		0,075
222		0,178		0,108	256		0,138		0,074
223		0,176		0,107	257		0,136		0,073
224		0,175		0,106	258		0,135		0,072
225		0,174		0,105	259		0,134		0,071
226		0,173		0,104	260		0,133		0,071
227		0,171		0,103	261		0,132		0,070
228		0,170		0,102	262		0,131		
229		0,169		0,100	263		0,130		
230		0,168		0,099	264		0,129		
231		0,166		0,098	265		0,128		
232		0,165		0,097	266		0,127		
233		0,164		0,096	267		0,126		
234		0,163		0,095	268		0,125		
235		0,161		0,094	269		0,124		
236		0,160		0,093	270		0,123		
237		0,159		0,092	271		0,122		

Prof. (mm)	MLLS	MLLM	MLOM	MLOI	Prof. (mm)	MLLS	MLLM	MLOM	MLOI
272		0,121			306		0,091		
273		0,120			307		0,090		
274		0,119			308		0,089		
275		0,118			309		0,089		
276		0,117			310		0,088		
277		0,116			311		0,087		
278		0,115			312		0,086		
279		0,114			313		0,086		
280		0,113			314		0,085		
281		0,113			315		0,084		
282		0,112			316		0,083		
283		0,111			317		0,083		
284		0,110			318		0,082		
285		0,109			319		0,081		
286		0,108			320		0,080		
287		0,107			321		0,080		
288		0,106			322		0,079		
289		0,105			323		0,078		
290		0,104			324		0,078		
291		0,104			325		0,077		
292		0,103			326		0,076		
293		0,102			327		0,076		
294		0,101			328		0,075		
295		0,100			329		0,074		
296		0,099			330		0,073		
297		0,098			331		0,073		
298		0,098			332		0,072		
299		0,097			333		0,071		
300		0,096			334		0,071		
301		0,095			335		0,070		
302		0,094			336				
303		0,093			337				
304		0,093			338				
305		0,092			339				

Tabela G.2 – Comportamento da despassivação para MLLS, MLLM, MLOM e MLOI ao longo da profundidade, em 50 anos de exposição do concreto ao ataque de íons cloreto na idade de 9,5 anos e k da idade de 9,5 anos.

Prof. (mm)	MLLS	MLLM	MLOM	MLOI	Prof. (mm)	MLLS	MLLM	MLOM	MLOI
0	0,588	0,588	0,588	0,588	34	0,440	0,510	0,465	0,503
1	0,584	0,586	0,584	0,585	35	0,435	0,508	0,461	0,500
2	0,579	0,583	0,581	0,583	36	0,431	0,506	0,458	0,498
3	0,575	0,581	0,577	0,580	37	0,427	0,504	0,454	0,495
4	0,570	0,579	0,573	0,578	38	0,423	0,501	0,450	0,493
5	0,566	0,577	0,570	0,575	39	0,419	0,499	0,447	0,491
6	0,561	0,574	0,566	0,573	40	0,415	0,497	0,443	0,488
7	0,557	0,572	0,562	0,570	41	0,410	0,495	0,440	0,486
8	0,553	0,570	0,559	0,568	42	0,406	0,492	0,436	0,483
9	0,548	0,567	0,555	0,565	43	0,402	0,490	0,433	0,481
10	0,544	0,565	0,551	0,563	44	0,398	0,488	0,430	0,478
11	0,539	0,563	0,548	0,560	45	0,394	0,486	0,426	0,476
12	0,535	0,561	0,544	0,558	46	0,390	0,483	0,423	0,473
13	0,530	0,558	0,540	0,555	47	0,386	0,481	0,419	0,471
14	0,526	0,556	0,537	0,553	48	0,382	0,479	0,416	0,469
15	0,522	0,554	0,533	0,550	49	0,378	0,477	0,412	0,466
16	0,517	0,551	0,529	0,548	50	0,374	0,475	0,409	0,464
17	0,513	0,549	0,526	0,545	51	0,370	0,472	0,406	0,461
18	0,508	0,547	0,522	0,543	52	0,366	0,470	0,402	0,459
19	0,504	0,545	0,518	0,540	53	0,362	0,468	0,399	0,456
20	0,500	0,542	0,515	0,538	54	0,358	0,466	0,395	0,454
21	0,495	0,540	0,511	0,535	55	0,354	0,463	0,392	0,452
22	0,491	0,538	0,508	0,533	56	0,351	0,461	0,389	0,449
23	0,487	0,535	0,504	0,530	57	0,347	0,459	0,385	0,447
24	0,482	0,533	0,500	0,528	58	0,343	0,457	0,382	0,444
25	0,478	0,531	0,497	0,525	59	0,339	0,455	0,379	0,442
26	0,474	0,529	0,493	0,523	60	0,335	0,452	0,375	0,440
27	0,469	0,526	0,490	0,520	61	0,331	0,450	0,372	0,437
28	0,465	0,524	0,486	0,518	62	0,328	0,448	0,369	0,435
29	0,461	0,522	0,482	0,515	63	0,324	0,446	0,366	0,432
30	0,457	0,519	0,479	0,513	64	0,320	0,444	0,362	0,430
31	0,452	0,517	0,475	0,510	65	0,317	0,441	0,359	0,428
32	0,448	0,515	0,472	0,508	66	0,313	0,439	0,356	0,425
33	0,444	0,513	0,468	0,505	67	0,309	0,437	0,353	0,423

Prof. (mm)	MLLS	MLLM	MLOM	MLOI	Prof. (mm)	MLLS	MLLM	MLOM	MLOI
68	0,306	0,435	0,350	0,421	102	0,197	0,364	0,250	0,344
69	0,302	0,433	0,346	0,418	103	0,194	0,362	0,247	0,341
70	0,298	0,431	0,343	0,416	104	0,191	0,360	0,244	0,339
71	0,295	0,428	0,340	0,414	105	0,188	0,357	0,242	0,337
72	0,291	0,426	0,337	0,411	106	0,186	0,355	0,239	0,335
73	0,288	0,424	0,334	0,409	107	0,183	0,353	0,237	0,333
74	0,284	0,422	0,331	0,407	108	0,180	0,351	0,234	0,331
75	0,281	0,420	0,328	0,404	109	0,178	0,349	0,231	0,329
76	0,277	0,418	0,325	0,402	110	0,175	0,348	0,229	0,326
77	0,274	0,416	0,321	0,400	111	0,173	0,346	0,226	0,324
78	0,271	0,413	0,318	0,397	112	0,170	0,344	0,224	0,322
79	0,267	0,411	0,315	0,395	113	0,167	0,342	0,221	0,320
80	0,264	0,409	0,312	0,393	114	0,165	0,340	0,219	0,318
81	0,261	0,407	0,309	0,390	115	0,163	0,338	0,216	0,316
82	0,257	0,405	0,306	0,388	116	0,160	0,336	0,214	0,314
83	0,254	0,403	0,303	0,386	117	0,158	0,334	0,212	0,312
84	0,251	0,401	0,300	0,384	118	0,155	0,332	0,209	0,310
85	0,248	0,399	0,297	0,381	119	0,153	0,330	0,207	0,308
86	0,244	0,397	0,294	0,379	120	0,151	0,328	0,204	0,306
87	0,241	0,394	0,292	0,377	121	0,148	0,326	0,202	0,304
88	0,238	0,392	0,289	0,374	122	0,146	0,324	0,200	0,302
89	0,235	0,390	0,286	0,372	123	0,144	0,322	0,197	0,300
90	0,232	0,388	0,283	0,370	124	0,141	0,320	0,195	0,297
91	0,229	0,386	0,280	0,368	125	0,139	0,318	0,193	0,295
92	0,226	0,384	0,277	0,366	126	0,137	0,316	0,190	0,293
93	0,223	0,382	0,274	0,363	127	0,135	0,315	0,188	0,291
94	0,220	0,380	0,272	0,361	128	0,133	0,313	0,186	0,289
95	0,217	0,378	0,269	0,359	129	0,131	0,311	0,184	0,287
96	0,214	0,376	0,266	0,357	130	0,128	0,309	0,182	0,286
97	0,211	0,374	0,263	0,354	131	0,126	0,307	0,179	0,284
98	0,208	0,372	0,260	0,352	132	0,124	0,305	0,177	0,282
99	0,205	0,370	0,258	0,350	133	0,122	0,303	0,175	0,280
100	0,202	0,368	0,255	0,348	134	0,120	0,301	0,173	0,278
101	0,199	0,366	0,252	0,346	135	0,118	0,300	0,171	0,276

Prof. (mm)	MLLS	MLLM	MLOM	MLOI	Prof. (mm)	MLLS	MLLM	MLOM	MLOI
136	0,116	0,298	0,169	0,274	170		0,239	0,108	0,213
137	0,115	0,296	0,167	0,272	171		0,237	0,106	0,211
138	0,113	0,294	0,165	0,270	172		0,236	0,105	0,209
139	0,111	0,292	0,163	0,268	173		0,234	0,103	0,208
140	0,109	0,290	0,161	0,266	174		0,232	0,102	0,206
141	0,107	0,289	0,159	0,264	175		0,231	0,100	0,205
142	0,105	0,287	0,157	0,262	176		0,229	0,099	0,203
143	0,103	0,285	0,155	0,260	177		0,228	0,098	0,201
144	0,102	0,283	0,153	0,259	178		0,226	0,096	0,200
145	0,100	0,281	0,151	0,257	179		0,225	0,095	0,198
146	0,098	0,280	0,149	0,255	180		0,223	0,093	0,197
147	0,097	0,278	0,147	0,253	181		0,221	0,092	0,195
148	0,095	0,276	0,145	0,251	182		0,220	0,091	0,193
149	0,093	0,274	0,143	0,249	183		0,218	0,089	0,192
150	0,092	0,273	0,141	0,248	184		0,217	0,088	0,190
151	0,090	0,271	0,139	0,246	185		0,215	0,087	0,189
152	0,088	0,269	0,138	0,244	186		0,214	0,085	0,187
153	0,087	0,267	0,136	0,242	187		0,212	0,084	0,186
154	0,085	0,266	0,134	0,240	188		0,211	0,083	0,184
155	0,084	0,264	0,132	0,239	189		0,209	0,082	0,183
156	0,082	0,262	0,131	0,237	190		0,208	0,081	0,181
157	0,081	0,261	0,129	0,235	191		0,206	0,079	0,180
158	0,079	0,259	0,127	0,233	192		0,205	0,078	0,178
159	0,078	0,257	0,125	0,231	193		0,203	0,077	0,177
160	0,076	0,255	0,124	0,230	194		0,202	0,076	0,175
161	0,075	0,254	0,122	0,228	195		0,200	0,075	0,174
162	0,074	0,252	0,120	0,226	196		0,199	0,073	0,172
163	0,072	0,250	0,119	0,225	197		0,197	0,072	0,171
164	0,071	0,249	0,117	0,223	198		0,196	0,071	0,169
165	0,070	0,247	0,116	0,221	199		0,195	0,070	0,168
166		0,245	0,114	0,219	200		0,193		0,167
167		0,244	0,112	0,218	201		0,192		0,165
168		0,242	0,111	0,216	202		0,190		0,164
169		0,241	0,109	0,214	203		0,189		0,162

Prof. (mm)	MLLS	MLLM	MLOM	MLOI	Prof. (mm)	MLLS	MLLM	MLOM	MLOI
204		0,188		0,161	238		0,144		0,119
205		0,186		0,160	239		0,143		0,117
206		0,185		0,158	240		0,142		0,116
207		0,183		0,157	241		0,141		0,115
208		0,182		0,156	242		0,139		0,114
209		0,181		0,154	243		0,138		0,113
210		0,179		0,153	244		0,137		0,112
211		0,178		0,152	245		0,136		0,111
212		0,177		0,150	246		0,135		0,110
213		0,175		0,149	247		0,134		0,109
214		0,174		0,148	248		0,133		0,108
215		0,173		0,146	249		0,132		0,107
216		0,171		0,145	250		0,131		0,106
217		0,170		0,144	251		0,129		0,105
218		0,169		0,142	252		0,128		0,104
219		0,167		0,141	253		0,127		0,103
220		0,166		0,140	254		0,126		0,102
221		0,165		0,139	255		0,125		0,101
222		0,164		0,137	256		0,124		0,100
223		0,162		0,136	257		0,123		0,099
224		0,161		0,135	258		0,122		0,098
225		0,160		0,134	259		0,121		0,097
226		0,158		0,133	260		0,120		0,096
227		0,157		0,131	261		0,119		0,095
228		0,156		0,130	262		0,118		0,094
229		0,155		0,129	263		0,117		0,093
230		0,154		0,128	264		0,116		0,092
231		0,152		0,127	265		0,115		0,091
232		0,151		0,125	266		0,114		0,090
233		0,150		0,124	267		0,113		0,089
234		0,149		0,123	268		0,112		0,089
235		0,148		0,122	269		0,111		0,088
236		0,146		0,121	270		0,110		0,087
237		0,145		0,120	271		0,109		0,086

Prof. (mm)	MLLS	MLLM	MLOM	MLOI	Prof. (mm)	MLLS	MLLM	MLOM	MLOI
272		0,108		0,085	306		0,079		
273		0,107		0,084	307		0,079		
274		0,106		0,083	308		0,078		
275		0,105		0,082	309		0,077		
276		0,104		0,082	310		0,076		
277		0,103		0,081	311		0,076		
278		0,103		0,080	312		0,075		
279		0,102		0,079	313		0,074		
280		0,101		0,078	314		0,074		
281		0,100		0,077	315		0,073		
282		0,099		0,077	316		0,072		
283		0,098		0,076	317		0,071		
284		0,097		0,075	318		0,071		
285		0,096		0,074	319		0,070		
286		0,095		0,073	320				
287		0,095		0,073	321				
288		0,094		0,072	322				
289		0,093		0,071	323				
290		0,092		0,070	324				
291		0,091			325				
292		0,090			326				
293		0,090			327				
294		0,089			328				
295		0,088			329				
296		0,087			330				
297		0,086			331				
298		0,086			332				
299		0,085			333				
300		0,084			334				
301		0,083			335				
302		0,082			336				
303		0,082			337				
304		0,081			338				
305		0,080			339				

ANEXO H – Cálculos de GS do dia (GS_{dia}) das amostras de concreto extraídas dos tetrápodes pesquisados

H1 - Cálculo do GS_{dia} para MLLS (1) –

Considerando:

$Peso_{dia}$ = 843,98 g

$Peso_{sat}$ = 861,20 g

$Peso_{seco}$ = 817 g

$Abs_{máx}$ = 100.(861,20 – 817)/ 817 = 5,41

Abs_{dia} = 100.(843,98 – 817)/ 817 = 3,30

GS_{dia} = 100.(3,30)/ (5,41) = 61,04 %

H2 - Cálculo do GS_{dia} para MLLS (2) –

Considerando:

$Peso_{dia}$ = 116,84 g

$Peso_{sat}$ = 119,29 g

$Peso_{seco}$ = 113,53 g

$Abs_{máx}$ = 100.(119,29 – 113,53)/ 113,53 = 5,08

Abs_{dia} = 100.(116,84 – 113,53)/ 113,53 = 2,92

GS_{dia} = 100.(2,92)/ (5,08) = 57,5 %

O micro-ambiente MLLS apresentou uma faixa de valores entre 57,5 e 61,04%.

H3 - Cálculo do GS_{dia} para MLOM (1) –

Considerando:

$Peso_{dia}$ = 226,34 g

$Peso_{sat}$ = 232,28 g

$Peso_{seco}$ = 218,07 g

$Abs_{máx}$ = 100.(232,28 – 218,07)/ 218,07 = 6,52

Abs_{dia} = 100.(226,34 – 218,07)/ 218,07 = 3,79

GS_{dia} = 100.(3,79)/ (6,52) = 58,23 %

H4 - Cálculo do GS_{dia} para MLOM (2) –

Considerando:

$Peso_{dia}$ = 272,02 g
$Peso_{sat}$ = 276,47 g

$Peso_{seco}$ = 258,87 g

$Abs_{máx}$ = 100.(276,47 – 258,87)/ 258,87 = 6,80

Abs_{dia} = 100.(272,02 – 258,87)/ 258,87 = 5,08

GS_{dia} = 100.(5,08)/ (6,80) = 74,70 %

O micro-ambiente MLOM apresentou uma faixa de valores entre 58,23 e 74,70%.

H5 - Cálculo do GS_{dia} para MLOI (1) –

Considerando:

$Peso_{dia}$ = 587,04 g

$Peso_{sat}$ = 597,44 g

$Peso_{seco}$ = 559,55 g

$Abs_{máx}$ = 100.(597,44 – 559,55)/ 559,55 = 6,67

Abs_{dia} = 100.(587,04 – 559,55)/ 559,55 = 4,91

GS_{dia} = 100.(4,91)/ (6,67) = 72,55%

H6 - Cálculo do GS_{dia} para MLOI (2) –

Considerando:

$Peso_{dia}$ = 258,16 g

$Peso_{sat}$ = 261,93 g

$Peso_{seco}$ = 244,41 g

$Abs_{máx}$ = 100.(261,93 – 244,41)/ 244,41 = 7,17

Abs_{dia} = 100.(258,16 – 244,41)/ 244,41 = 5,63

GS_{dia} = 100.(5,63)/ (7,17) = 78,50 %

O micro-ambiente MLOI apresentou uma faixa de valores entre 72,55 e 78,50%.

H7 - Cálculo do GS_{dia} para MLLM (1) –

Considerando:

$Peso_{dia}$ = 283,91 g

$Peso_{sat}$ = 287,86 g

$Peso_{seco}$ = 268,75 g

$Abs_{máx}$ = 100.(287,86 – 268,75)/ 268,75 = 7,11

Abs_{dia} = 100.(283,91 – 268,75)/ 268,75 = 5,64

GS_{dia} = 100.(5,64)/ (7,11) = 79,33 %

H8 - Cálculo do GS_{dia} para MLLM (2) –

Considerando:

$Peso_{dia}$ = 149,8 g

$Peso_{sat}$ = 152,36 g

$Peso_{seco}$ = 144,37 g

$Abs_{máx}$ = 100.(152,36 – 144,37)/ 144,37 = 5,54

Abs_{dia} = 100.(149,8 – 144,37)/ 144,37 = 3,76

GS_{dia} = 100.(3,76)/ (5,54) = 67,98 %

H9 - Cálculo do GS_{dia} para MLLM (3) –

Considerando:

$Peso_{dia}$ = 121,2 g

$Peso_{sat}$ = 122,26 g

$Peso_{seco}$ = 116,70 g

$Abs_{máx}$ = 100.(122,26 – 116,70)/ 116,70 = 4,77

Abs_{dia} = 100.(121,2 – 116,70)/ 116,70 = 3,86

GS_{dia} = 100.(3,86)/ (4,77) = 80,89 %

O micro-ambiente MLLM apresentou uma faixa de valores entre 67,98 e 80,89%.