

**SIMONE DE ALMEIDA MATHIAS**

**DESENVOLVIMENTO DE SELANTE DENTAL E AVALIAÇÃO DE SEU  
POTENCIAL DE LIBERAÇÃO DE ÍONS FLUORETO EM RELAÇÃO A ALGUNS  
BIOMATERIAIS COMERCIAIS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Processos Biotecnológicos, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Processos Biotecnológicos.

Orientador: Prof. Dr. Alvaro Luiz Mathias

**CURITIBA**

**2005**



## RELATÓRIO DE DEFESA DE TESE DE DOUTORADO

Aos dezenove dias do mês de abril de 2005 no Salão Nobre do Setor de Tecnologia do Prédio da Administração do Centro Politécnico, da Universidade Federal do Paraná, Jardim das Américas, foi instalada pela Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Luciana Porto de Souza Vandenberghe, Coordenadora do Curso de Doutorado em Processos Biotecnológicos, a banca examinadora para a Trigésima Defesa de Tese de Doutorado, área de concentração Saúde Animal e Humana. Estiveram presentes no Ato, além da Coordenadora do Curso de Pós-Graduação, professores, alunos e visitantes.

A Banca Examinadora, atendendo determinação do colegiado do Curso de Doutorado em Processos Biotecnológicos, ficou constituída pelos Professores Doutores Ângela Fernandes (UFPR), Arion Zandoná (UTP-PR), Edgardo Alfonso Gomes Pineda (UEM-PR), Samuel Jorge Moyses (UFPR) e Prof Dr. Álvaro Luiz Mathias, orientador da tese.

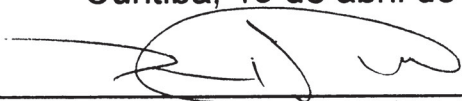
Às 14:00 horas, a banca iniciou os trabalhos, convidando a candidata **Simone de Almeida Mathias** a fazer a apresentação da Tese intitulada: **“Desenvolvimento de Selante Dental e Avaliação de seu Potencial de Liberação de Íons Fluoreto em Relação a Alguns Materiais Comerciais”**. Encerrada a apresentação, iniciou-se a fase de arguição pelos membros participantes.

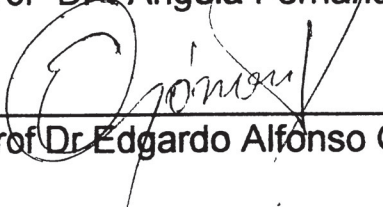
Tendo em vista a tese e a arguição, a banca atribuiu os seguintes conceitos: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup>. Ângela Fernandes A, Prof. Dr. Arion Zandoná A; Prof Dr Edgardo Alfonso Gomes Pineda A; Prof. Dr. Samuel Jorge Moyses A; e Prof. Dr. Álvaro Luiz Mathias A.

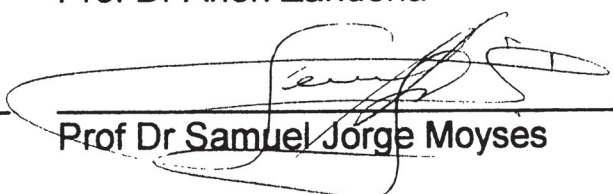
A média obtida resultou na APROVAÇÃO do candidato, com conceito final A (de acordo com a determinação dos Artigos 32/33/34/35 da Resolução 13/96 de 23.07.96).

Curitiba, 19 de abril de 2005.

  
\_\_\_\_\_  
Profª Drª Ângela Fernandes

  
\_\_\_\_\_  
Prof Dr Arion Zandoná Fº

  
\_\_\_\_\_  
Prof Dr Edgardo Alfonso G Pineda

  
\_\_\_\_\_  
Prof Dr Samuel Jorge Moyses

  
\_\_\_\_\_  
Prof Dr Álvaro Luiz Mathias

**A DEUS que me deu meu marido, ALVARO, um companheiro e amigo que me tem apoiado nas horas de grandes dificuldades, e meus filhos, TIAGO e LUCAS, que nos completa e nos dá o maior prazer como família.**

## AGRADECIMENTOS

Ao **Prof. Alvaro Luiz Mathias** pelo grande incentivo, inestimável apoio e constante orientação durante a realização deste trabalho.

Às alunas de graduação **Renata de Almeida Freire Coutinho, Karina Walter, Fernanda Louise Voos e Karin Regina Kolbe** pela colaboração na realização dos experimentos.

Aos colegas de turma **Ana Paula Gebert de Oliveira Franco, Nerildo Luiz Ulbrich e Roberto Rolf** pelo apoio e incentivo durante a realização das disciplinas e durante o desenvolvimento deste trabalho.

A **Sra. Aparecida** e a **Sra. Elizete** pela gentileza e atenção dispensada durante a realização do curso.

Ao **Dr. Maurício Pereira Cantão** LACTEC/COPEL/UFPR pela colaboração na realização de experimentos com microscopia eletrônica de varredura e análise por energia dispersiva.

Em especial, aos **meus pais, Clovis e Yolanda**, pelo amor, carinho, dedicação e orientação nos caminhos do Senhor.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	<b>vi</b>
<b>LISTA DE TABELAS E QUADROS</b> .....	<b>xiv</b>
<b>LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS E ABREVIATURAS</b> .....	<b>xvii</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>xix</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xx</b>
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>21</b>
1.1 A DOENÇA CÁRIE E A MANUTENÇÃO DA SAÚDE BUCAL .....	23
1.2 PREVENÇÃO À BASE DE LIBERAÇÃO DE FLUORETO .....	29
1.3 MANCHA BRANCA EM CRIANÇAS .....	47
1.4 USO DE SELANTE DE CICATRÍCULAS E FISSURAS .....	49
1.5 PROPRIEDADES E INDICAÇÕES DO SELANTE DENTAL .....	52
1.6 COMPARAÇÃO DE SELANTES DENTAIS .....	57
1.7 SÍNTESE DO LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO .....	61
<b>2 OBJETIVO</b> .....	<b>64</b>
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>65</b>
3.1 OBTENÇÃO E LIMPEZA DOS DENTES UTILIZADOS .....	65
3.2 AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE INCORPORAÇÃO DE FLUORETO E DA INFLUÊNCIA DO TEMPO DE CONDICIONAMENTO COM H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> 37% .....	65
3.3 PREPARO E AVALIAÇÃO DE DENTES POR MEV E EDS .....	66
3.4 PREPARO DE SALIVA ARTIFICIAL .....	67
3.5 AVALIAÇÃO DO TEOR DE ÍONS FLUORETO E pH POR POTENCIOMETRIA .....	67
3.6 PREPARO DOS CORPOS DE PROVA PARA AVALIAR A LIBERAÇÃO DE FLUORETO .	68
3.7 AVALIAÇÃO DE LIBERAÇÃO DE ÍONS FLUORETO DO BIOMATERIAL FLUORETADO .....	70
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>72</b>
4.1 AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE INCORPORAÇÃO DE FLUORETO E DA INFLUÊNCIA DO TEMPO DE CONDICIONAMENTO COM H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> 37% .....	72
4.2. AVALIAÇÃO DA COMPOSIÇÃO DENTAL POR EDS .....	73
4.2.1 LÂMINA DE DENTE CARIADO .....	73

4.2.2 SUPERFÍCIE DE DENTES IMERSOS EM SOLUÇÃO DE NaF 1 mg/L .....	77
4.3. AVALIAÇÃO DE FONTES DE FLUORETO EM ALGUMAS BEBIDAS CONSUMIDAS DIARIAMENTE .....	80
4.3.1. ÁGUA MINERAL .....	80
4.3.2. SUCO DE LARANJA .....	82
4.3.3. SUCO DE UVA .....	82
4.3.4. SUCO DE PÊSSEGO .....	83
4.4. AVALIAÇÃO DA LIBERAÇÃO DE FLUORETO POR VERNIZES FLUORETADOS .....	84
4.4.1. VERNIZ FLUORETADO BIFLUORID 12 .....	84
4.4.2. VERNIZ FLUORETADO FLUORNIZ .....	88
4.5. AVALIAÇÃO DA LIBERAÇÃO DE FLUORETO POR CIMENTOS DE IONÔMERO DE VIDRO .....	91
4.5.1. CIMENTO DE IONÔMERO DE VIDRO VIDRION R (VIDR) .....	91
4.5.2. CIMENTO DE IONÔMERO DE VIDRO VIDRION N (VIDN) .....	94
4.5.3. CIMENTO DE IONÔMERO DE VIDRO BIOGLASS R .....	97
4.6. AVALIAÇÃO DA LIBERAÇÃO DE FLUORETO POR SELANTES RESINOSOS COMERCIAIS .....	100
4.6.1. SELANTE RESINOSO FLUROSHIELD .....	100
4.6.2. SELANTE RESINOSO CONSEAL F .....	103
4.7. SELANTES RESINOSOS PRODUZIDOS .....	106
4.7.1. SELANTES RESINOSOS À BASE DE FLUORETO DE SÓDIO .....	106
4.7.2. SELANTES RESINOSOS À BASE DE FLUORETO DE POTÁSSIO .....	109
4.7.3. SELANTES RESINOSOS À BASE DE FLUORETO DE CÁLCIO .....	113
4.7.4. SELANTES RESINOSOS À BASE DE FLUORETO DE MAGNÉSIO .....	115
4.8. COMPARAÇÃO DOS BIOMATERIAIS .....	119
<b>5 CONCLUSÃO .....</b>	<b>121</b>
<b>6 PERSPECTIVAS FUTURAS .....</b>	<b>127</b>
<b>7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>128</b>
<b>8 ANEXO* .....</b>	<b>135</b>

\*Artigo submetido à revista *Metals, Materials and Processes*, Meshad Science, ISSN 0970:423X, Mumbai, Índia em Janeiro de 2005.

## LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1.1** - CORRELAÇÃO ENTRE O TEOR DE FLUORETO EM ÁGUA DE ABASTECIMENTO (EM mg/L) E O NÚMERO DE DENTES PERMANENTES CARIADOS POR 100 CRIANÇAS EXAMINADAS (*Public Health Reprint*, 19/08/1938, 26/05/1939 E 11/04/1941) (MAIER, 1971<sup>22</sup>). **35**
- FIGURA 1.2** - RELAÇÃO DO TEOR DE FLUORETO EM ÁGUA DE ABASTECIMENTO (EM mg/L) E O NÚMERO DE DENTES PERMANENTES CARIADOS POR 100 CRIANÇAS EXAMINADAS E FLUOROSE ENCONTRADA, EM % (MAIER, 1971<sup>22</sup>). **36**
- FIGURA 3.1** - ESPÉCIMES UTILIZADOS NO ESTUDO DE INCORPORAÇÃO DE ÍONS FLUORETO E NA MEV. a) OBSERVE A LINHA LONGITUDINAL QUE DEFINE A PORÇÃO IMERSA (FOTO ESQUERDA); E b) DENTE PARCIALMENTE IMERSO EM FRASCO COM SOLUÇÃO DE NaF 1 mg/L (FOTO DIREITA). **67**
- FIGURA 3.2** - ESPÉCIMES SECCIONADOS (ESQUERDA) E METALIZADOS (DIREITA) PARA O ESTUDO DE INCORPORAÇÃO DE ÍONS FLUORETO POR MEV-EDS. **68**
- FIGURA 3.3** DETALHE DO PREPARO DE CORPOS DE PROVA DE SELANTE. **70**
- FIGURA 3.4** IMAGEM DA MESA AGITADORA E DOS CORPOS DE PROVA EM DETALHE. **72**
- FIGURA 4.1** - INFLUÊNCIA DO TEMPO DE CONDICIONAMENTO COM GEL ÁCIDO (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> A 37%) NA INCORPORAÇÃO DE ÍONS FLUORETO DE UMA SOLUÇÃO AQUOSA DE NaF A 1 mg/L. **73**

- FIGURA 4.2** - IMAGEM EM MEV DO CORTE LONGITUDINAL DA PORÇÃO CORONÁRIA DO DENTE COM DOENÇA CÁRIE NA PORÇÃO CORONÁRIA. 1 = ESMALTE, 2 = DENTINA CARIADA E 3 = DENTINA SADIA. **74**
- FIGURA 4.3** - IMAGEM EM MEV DO CORTE LONGITUDINAL DA PORÇÃO RADICULAR DO DENTE COM DOENÇA CÁRIE NA PORÇÃO CORONÁRIA. 1 = DENTINA SADIA E 2 = CEMENTO. **74**
- FIGURA 4.4** - ESPECTRO DO ESMALTE DO ELEMENTO DENTAL EM CORTE LONGITUDINAL. **75**
- FIGURA 4.5** - IMAGEM OBTIDA POR MEV PARA AVALIAÇÃO DA COMPOSIÇÃO DA COROA DENTAL EM DIFERENTES PROFUNDIDADES. **78**
- FIGURA 4.6** - IMAGEM OBTIDA POR MEV PARA AVALIAÇÃO DA COMPOSIÇÃO DA RAIZ DENTAL EM DIFERENTES PROFUNDIDADES. **79**
- FIGURA 4.7** - TEOR DE FLUORETO DISPONIBILIZADO PELO VERNIZ COMERCIAL BIFLUORID 12 EM mg/L PARA 100 mg DE BIOMATERIAL, SENDO H (-1 PARA ADIÇÃO DE HCL, 0 PARA H<sub>2</sub>O E +1 PARA NaOH) E S (TEOR DE SAIS NA SALIVA ARTIFICIAL, ONDE É -1 PARA A METADE DO TEOR, 0 PARA O TEOR NORMAL E +1 PARA O DOBRO DO TEOR). **86**
- FIGURA 4.8** - GRÁFICO DE PARETO DOS EFEITOS PADRONIZADOS PARA O VERNIZ BIFLUORID 12. A LINHA  $p=0,05$  (,05) DELIMITA OS EFEITOS IMPORTANTES, OS QUAIS APARECEM À DIREITA. **87**
- FIGURA 4.9** - GRÁFICO DE VALORES OBSERVADOS E PREVISTOS PELO MODELO MATEMÁTICO PARA O VERNIZ BIFLUORID 12. QUANTO MAIOR A PROXIMIDADE DOS PONTOS, MELHOR A QUALIDADE DO MODELO. **88**

- FIGURA 4.10** - GRÁFICO ENTRE RESÍDUO (“RESIDUAL”) VERSUS A DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES PARA DISTRIBUIÇÃO NORMAL APRESENTADOS NA FORMA LOGARÍTMICA (ESQUERDA POR MATEMÁTICA E DIREITA POR GRÁFICO ESPECIAL). **88**
- FIGURA 4.11** - TEOR DE FLUORETO DISPONIBILIZADO PELO VERNIZ COMERCIAL FLUORNIZ EM mg/L PARA 100 mg DE BIOMATERIAL, SENDO **H** (-1 PARA ADIÇÃO DE HCL, **0** PARA H<sub>2</sub>O E +1 PARA NaOH) E **S** (TEOR DE SAIS NA SALIVA ARTIFICIAL, ONDE É -1 PARA A METADE DO TEOR, **0** PARA O TEOR NORMAL E +1 PARA O DOBRO DO TEOR). **90**
- FIGURA 4.12** - GRÁFICO DE PARETO DOS EFEITOS PADRONIZADOS PARA O VERNIZ FLUORNIZ. A LINHA  $p=0,05$  (,05) DELIMITA OS EFEITOS IMPORTANTES, OS QUAIS APARECEM À DIREITA. **90**
- FIGURA 4.13** - GRÁFICO DE VALORES OBSERVADOS E PREVISTOS PELO MODELO MATEMÁTICO PARA O VERNIZ FLUORNIZ. QUANTO MAIOR A PROXIMIDADE DOS PONTOS, MELHOR A QUALIDADE DO MODELO. **91**
- FIGURA 4.14** - GRÁFICO ENTRE RESÍDUO (“RESIDUAL”) VERSUS A DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES PARA DISTRIBUIÇÃO NORMAL APRESENTADOS NA FORMA LOGARÍTMICA (ESQUERDA POR MATEMÁTICA E DIREITA POR GRÁFICO ESPECIAL). **91**
- FIGURA 4.15** - TEOR DE FLUORETO DISPONIBILIZADO PELO CIMENTO VIDRION R EM mg/L PARA 100 mg DE BIOMATERIAL, SENDO **H** (-1 PARA ADIÇÃO DE HCL, **0** PARA H<sub>2</sub>O E +1 PARA NaOH) E **S** (TEOR DE SAIS NA SALIVA ARTIFICIAL, ONDE É -1 PARA A METADE DO TEOR, **0** PARA O TEOR NORMAL E +1 PARA O DOBRO DO TEOR). **93**
- FIGURA 4.16** - GRÁFICO DE PARETO DOS EFEITOS PADRONIZADOS PARA O CIMENTO VIDRION R. A LINHA  $P=0,05$  (,05) DELIMITA OS EFEITOS IMPORTANTES, OS QUAIS APARECEM À DIREITA. **93**

- FIGURA 4.17** - GRÁFICO DE VALORES OBSERVADOS E PREVISTOS PELO MODELO MATEMÁTICO PARA O CIMENTO VIDRION R. QUANTO MAIOR A PROXIMIDADE DOS PONTOS, MELHOR A QUALIDADE DO MODELO. **94**
- FIGURA 4.18** - GRÁFICO ENTRE RESÍDUO (“RESIDUAL”) VERSUS A DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES PARA DISTRIBUIÇÃO NORMAL APRESENTADOS NA FORMA LOGARÍTMICA (ESQUERDA POR MATEMÁTICA E DIREITA POR GRÁFICO ESPECIAL). **94**
- FIGURA 4.19** - TEOR DE FLUORETO DISPONIBILIZADO PELO CIMENTO VIDRION N EM mg/L PARA 100 mg DE BIOMATERIAL, SENDO **H** (-1 PARA ADIÇÃO DE HCL, **0** PARA H<sub>2</sub>O E **+1** PARA NaOH) E **S** (TEOR DE SAIS NA SALIVA ARTIFICIAL, ONDE É -1 PARA A METADE DO TEOR, **0** PARA O TEOR NORMAL E **+1** PARA O DOBRO DO TEOR). **96**
- FIGURA 4.20** - GRÁFICO DE PARETO DOS EFEITOS PADRONIZADOS PARA O CIMENTO VIDRION N. A LINHA  $p=0,05$  (,05) DELIMITA OS EFEITOS IMPORTANTES, OS QUAIS APARECEM À DIREITA. **96**
- FIGURA 4.21** - GRÁFICO DE VALORES OBSERVADOS E PREVISTOS PELO MODELO MATEMÁTICO PARA O CIMENTO VIDRION N. QUANTO MAIOR A PROXIMIDADE DOS PONTOS, MELHOR A QUALIDADE DO MODELO. **97**
- FIGURA 4.22** - GRÁFICO ENTRE RESÍDUO (“RESIDUAL”) VERSUS A DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES PARA DISTRIBUIÇÃO NORMAL APRESENTADOS NA FORMA LOGARÍTMICA (ESQUERDA POR MATEMÁTICA E DIREITA POR GRÁFICO ESPECIAL). **97**
- FIGURA 4.23** - TEOR DE FLUORETO DISPONIBILIZADO PELO CIMENTO BIOGLASS R EM mg/L PARA 100 mg DE BIOMATERIAL, SENDO **H** (-1 PARA ADIÇÃO DE HCL, **0** PARA H<sub>2</sub>O E **+1** PARA NaOH) E **S** (TEOR DE SAIS NA SALIVA ARTIFICIAL, ONDE É -1 PARA A METADE DO TEOR, **0** PARA O TEOR NORMAL E **+1** PARA O DOBRO DO TEOR). **99**

- FIGURA 4.24** - GRÁFICO DE PARETO DOS EFEITOS PADRONIZADOS PARA O CIMENTO BIOGLASS R. A LINHA  $P=0,05$  ( $,05$ ) DELIMITA OS EFEITOS IMPORTANTES, OS QUAIS APARECEM À DIREITA. **99**
- FIGURA 4.25** - GRÁFICO DE VALORES OBSERVADOS E PREVISTOS PELO MODELO MATEMÁTICO PARA O CIMENTO BIOGLASS R. QUANTO MAIOR A PROXIMIDADE DOS PONTOS, MELHOR A QUALIDADE DO MODELO. **100**
- FIGURA 4.26** - GRÁFICO ENTRE RESÍDUO (“RESIDUAL”) VERSUS A DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES PARA DISTRIBUIÇÃO NORMAL APRESENTADOS NA FORMA LOGARÍTMICA (ESQUERDA POR MATEMÁTICA E DIREITA POR GRÁFICO ESPECIAL). **100**
- FIGURA 4.27** - TEOR DE FLUORETO DISPONIBILIZADO PELO SELANTE COMERCIAL FLUROSHIELD EM mg/L PARA 100 mg DE BIOMATERIAL, SENDO **H** ( $-1$  PARA ADIÇÃO DE HCl,  $0$  PARA  $H_2O$  E  $+1$  PARA NaOH) E **S** (TEOR DE SAIS NA SALIVA ARTIFICIAL, ONDE É  $-1$  PARA A METADE DO TEOR,  $0$  PARA O TEOR NORMAL E  $+1$  PARA O DOBRO DO TEOR). **102**
- FIGURA 4.28** - GRÁFICO DE PARETO DOS EFEITOS PADRONIZADOS PARA O SELANTE FLUROSHIELD. A LINHA  $p=0,05$  ( $,05$ ) DELIMITA OS EFEITOS IMPORTANTES, OS QUAIS APARECEM À DIREITA. **103**
- FIGURA 4.29** - GRÁFICO DE VALORES OBSERVADOS E PREVISTOS PELO MODELO MATEMÁTICO PARA O SELANTE FLUROSHIELD. QUANTO MAIOR A PROXIMIDADE DOS PONTOS, MELHOR A QUALIDADE DO MODELO. **103**
- FIGURA 4.30** - GRÁFICO ENTRE O RESÍDUO (“RESIDUAL”) VERSUS A DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES PARA DISTRIBUIÇÃO NORMAL APRESENTADOS NA FORMA LOGARÍTMICA (ESQUERDA POR MATEMÁTICA E DIREITA POR GRÁFICO ESPECIAL). **104**

- FIGURA 4.31** - TEOR DE FLUORETO DISPONIBILIZADO PELO SELANTE COMERCIAL CONSEAL F EM mg/L PARA 100 mg DE BIOMATERIAL, SENDO **H** (-1 PARA ADIÇÃO DE HCL, **0** PARA H<sub>2</sub>O E **+1** PARA NaOH) E **S** (TEOR DE SAIS NA SALIVA ARTIFICIAL, ONDE É -1 PARA A METADE DO TEOR, **0** PARA O TEOR NORMAL E **+1** PARA O DOBRO DO TEOR). **105**
- FIGURA 4.32** - GRÁFICO DE PARETO DOS EFEITOS PADRONIZADOS PARA O SELANTE CONSEAL F. A LINHA  $p=0,05$  (,05) DELIMITA OS EFEITOS IMPORTANTES, OS QUAIS APARECEM À DIREITA. **106**
- FIGURA 4.33** - GRÁFICO DE VALORES OBSERVADOS E PREVISTOS PELO MODELO MATEMÁTICO PARA O SELANTE CONSEAL F. QUANTO MAIOR A PROXIMIDADE DOS PONTOS, MELHOR A QUALIDADE DO MODELO. **106**
- FIGURA 4.34** - GRÁFICO ENTRE O RESÍDUO (“RESIDUAL”) VERSUS A DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES PARA DISTRIBUIÇÃO NORMAL APRESENTADOS NA FORMA LOGARÍTMICA (ESQUERDA POR MATEMÁTICA E DIREITA POR GRÁFICO ESPECIAL). **107**
- FIGURA 4.35** - TEOR DE FLUORETO DISPONIBILIZADO PELO SELANTE PRODUZIDO À BASE DE NaF EM mg/L PARA 100 mg DE BIOMATERIAL, SENDO **H** (-1 PARA ADIÇÃO DE HCl, **0** PARA H<sub>2</sub>O E **+1** PARA NaOH) e **S** (TEOR DE SAIS NA SALIVA ARTIFICIAL, ONDE É -1 PARA A METADE DO TEOR, **0** PARA O TEOR NORMAL E **+1** PARA O DOBRO DO TEOR). **108**
- FIGURA 4.36** - GRÁFICO DE PARETO DOS EFEITOS PADRONIZADOS PARA O SELANTE À BASE DE NaF. A LINHA  $p=0,05$  (,05) DELIMITA OS EFEITOS IMPORTANTES, OS QUAIS APARECEM À DIREITA. **109**
- FIGURA 4.37** - GRÁFICO DE VALORES OBSERVADOS E PREVISTOS PELO MODELO MATEMÁTICO PARA O SELANTE À BASE DE NaF. QUANTO MAIOR A PROXIMIDADE DOS PONTOS, MELHOR A QUALIDADE DO MODELO. **109**

- FIGURA 4.38** - GRÁFICO ENTRE O RESÍDUO (“RESIDUAL”) VERSUS A DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES PARA DISTRIBUIÇÃO NORMAL ESPERADA APRESENTADOS NA FORMA LOGARÍTMICA (ESQUERDA POR MATEMÁTICA E DIREITA POR GRÁFICO ESPECIAL). **110**
- FIGURA 4.39** - TEOR DE FLUORETO DISPONIBILIZADO PELO SELANTE PRODUZIDO À BASE DE KF EM mg/L PARA 100 mg DE BIOMATERIAL, SENDO **H** (-1 PARA ADIÇÃO DE HCl, 0 PARA H<sub>2</sub>O E +1 PARA NaOH) E **S** (TEOR DE SAIS NA SALIVA ARTIFICIAL, ONDE É -1 PARA A METADE DO TEOR, 0 PARA O TEOR NORMAL E +1 PARA O DOBRO DO TEOR). **111**
- FIGURA 4.40** - GRÁFICO DE PARETO DOS EFEITOS PADRONIZADOS PARA O SELANTE À BASE DE KF. A LINHA  $p=0,05$  (,05) DELIMITA OS EFEITOS IMPORTANTES, OS QUAIS APARECEM À DIREITA. **112**
- FIGURA 4.41** - GRÁFICO DE VALORES OBSERVADOS E PREVISTOS PELO MODELO MATEMÁTICO PARA O SELANTE À BASE DE KF. QUANTO MAIOR A PROXIMIDADE DOS PONTOS, MELHOR A QUALIDADE DO MODELO. **112**
- FIGURA 4.42** - GRÁFICO ENTRE O RESÍDUO (“RESIDUAL”) VERSUS A DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES PARA DISTRIBUIÇÃO NORMAL APRESENTADOS NA FORMA LOGARÍTMICA (ESQUERDA POR MATEMÁTICA E DIREITA POR GRÁFICO ESPECIAL). **113**
- FIGURA 4.43** - TEOR DE FLUORETO DISPONIBILIZADO PELO SELANTE PRODUZIDO À BASE DE CaF<sub>2</sub> EM mg/L PARA 100 mg DE BIOMATERIAL, SENDO **H** (-1 PARA ADIÇÃO DE HCl, 0 PARA H<sub>2</sub>O E +1 PARA NaOH) E **S** (TEOR DE SAIS NA SALIVA ARTIFICIAL, ONDE É -1 PARA A METADE DO TEOR, 0 PARA O TEOR NORMAL E +1 PARA O DOBRO DO TEOR). **114**
- FIGURA 4.44** - GRÁFICO DE PARETO DOS EFEITOS PADRONIZADOS PARA O SELANTE À BASE DE CaF<sub>2</sub>. A LINHA  $p=0,05$  (,05) DELIMITA OS EFEITOS IMPORTANTES, OS QUAIS APARECEM À DIREITA. **115**

- FIGURA 4.45** - GRÁFICO DE VALORES OBSERVADOS E PREVISTOS PELO MODELO MATEMÁTICO PARA O SELANTE À BASE DE  $\text{CaF}_2$ . QUANTO MAIOR A PROXIMIDADE DOS PONTOS, MELHOR A QUALIDADE DO MODELO. **115**
- FIGURA 4.46** - GRÁFICO ENTRE O RESÍDUO (“RESIDUAL”) VERSUS A DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES PARA DISTRIBUIÇÃO NORMAL APRESENTADOS NA FORMA LOGARÍTMICA (ESQUERDA POR MATEMÁTICA E DIREITA POR GRÁFICO ESPECIAL). **116**
- FIGURA 4.47** - TEOR DE FLUORETO DISPONIBILIZADO PELO SELANTE PRODUZIDO À BASE DE  $\text{MgF}_2$  EM mg/L PARA 100 mg DE BIOMATERIAL, SENDO **H** (-1 PARA ADIÇÃO DE HCl, 0 PARA  $\text{H}_2\text{O}$  E +1 PARA NaOH) e **S** (TEOR DE SAIS NA SALIVA ARTIFICIAL, ONDE É -1 PARA A METADE DO TEOR, 0 PARA O TEOR NORMAL E +1 PARA O DOBRO DO TEOR). **118**
- FIGURA 4.48** - GRÁFICO DE PARETO DOS EFEITOS PADRONIZADOS PARA O SELANTE À BASE DE  $\text{MgF}_2$ . A LINHA  $p=0,05$  (,05) DELIMITA OS EFEITOS IMPORTANTES, OS QUAIS APARECEM À DIREITA. **118**
- FIGURA 4.49** - GRÁFICO DE VALORES OBSERVADOS E PREVISTOS PELO MODELO MATEMÁTICO PARA O SELANTE À BASE DE  $\text{MgF}_2$ . QUANTO MAIOR A PROXIMIDADE DOS PONTOS, MELHOR A QUALIDADE DO MODELO. **119**
- FIGURA 4.50** - GRÁFICO ENTRE O RESÍDUO (“RESIDUAL”) VERSUS A DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES PARA DISTRIBUIÇÃO NORMAL APRESENTADOS NA FORMA LOGARÍTMICA (ESQUERDA POR MATEMÁTICA E DIREITA POR GRÁFICO ESPECIAL). **119**

## LISTA DE TABELAS E QUADROS

<b>QUADRO 1.1</b> - CONTEÚDO DE FLUORETO EM ALIMENTOS PRONTOS PARA O CONSUMO.	<b>38</b>
<b>QUADRO 1.2</b> - CONTEÚDO DE FLUORETO EM ALIMENTOS EM BASE SECA.	<b>38</b>
<b>QUADRO 1.3</b> - INGESTÃO ESTIMADA DE FLUORETO PARA CRIANÇAS CONSUMINDO ÁGUA DE ABASTECIMENTO DE 1 mg/L E ALIMENTOS COM 0,1 A 1,0 mg/ L DE FLUORETO.	<b>39</b>
<b>QUADRO 1.4</b> - LIMITES E CONCENTRAÇÃO IDEAL DE FLUORETO EM ÁGUA DE ABASTECIMENTO SEGUNDO A TEMPERATURA MÉDIA DIÁRIA DO AR.	<b>40</b>
<b>QUADRO 1.5</b> - CONTEÚDO DE FLUORETO DOS PRODUTOS ODONTOLÓGICOS E A SUA RELAÇÃO COM A DOSE PROVAVELMENTE TÓXICA (DPT).	<b>44</b>
<b>TABELA 3.1</b> - FATORES E NÍVEIS SELECIONADOS PARA O ESTUDO.	<b>71</b>
<b>TABELA 3.2</b> - DESENHO EXPERIMENTAL PARA AVALIAR LIBERAÇÃO DE FLUORETO POR BIOMATERIAIS .	<b>71</b>
<b>TABELA 4.1</b> - AVALIAÇÃO DA COMPOSIÇÃO DO DENTE EM CORTE LONGITUDINAL POR EDS; NÚMERO DE ÁTOMOS EM PERCENTUAL.	<b>76</b>
<b>TABELA 4.2</b> - RELAÇÃO DOS ELEMENTOS DO DENTE COM MAIORES TEORES DETERMINADOS POR EDS EM CORTE LONGITUDINAL.	<b>77</b>
<b>TABELA 4.3</b> - ANÁLISE POR EDS DA COMPOSIÇÃO DO DENTE SUBMETIDO A CONDICIONAMENTO ÁCIDO POR 15s E IMERSO EM SOLUÇÃO DE NaF 1 mg/L.	<b>80</b>
<b>TABELA 4.4</b> - RELAÇÃO DOS ELEMENTOS DO DENTE COM MAIORES TEORES, DETERMINADOS POR EDS, NA RAIZ E NA COROA SUBMERSAS EM SOLUÇÃO DE NaF 1mg/L.	<b>80</b>

<b>TABELA 4.5</b> - ANÁLISE POR EDS DA COMPOSIÇÃO DO ESMALTE DENTAL NÃO IMERSO EM SOLUÇÃO DE NaF 1 mg/L EM TRÊS CAMADAS DIFERENTES.	<b>81</b>
<b>TABELA 4.6</b> - TEOR DE FLUORETO E POTENCIAL HIDROGENIÔNICO DE DIFERENTES MARCAS DE ÁGUA MINERAL COMERCIALIZADAS NA REGIÃO DE CURITIBA.	<b>82</b>
<b>TABELA 4.7</b> - TEOR DE FLUORETO E POTENCIAL HIDROGENIÔNICO DE DIFERENTES MARCAS DE SUCO DE LARANJA COMERCIALIZADAS NA REGIÃO DE CURITIBA.	<b>83</b>
<b>TABELA 4.8</b> - TEOR DE FLUORETO E POTENCIAL HIDROGENIÔNICO DE DIFERENTES MARCAS DE SUCO DE UVA COMERCIALIZADAS NA REGIÃO DE CURITIBA.	<b>84</b>
<b>TABELA 4.9</b> - TEOR DE FLUORETO E POTENCIAL HIDROGENIÔNICO DE DIFERENTES MARCAS DE SUCO DE PÊSSEGO COMERCIALIZADAS NA REGIÃO DE CURITIBA.	<b>85</b>
<b>TABELA 4.10</b> - TEOR DE FLUORETO DESSORVIDO PELO VERNIZ BIFLUORID 12 APÓS 3 HORAS DE IMERSÃO NA SALIVA ARTIFICIAL.	<b>86</b>
<b>TABELA 4.11</b> - TEOR DE FLUORETO DESSORVIDO PELO VERNIZ FLUORNIZ APÓS 3 HORAS NA SALIVA ARTIFICIAL.	<b>89</b>
<b>TABELA 4.12</b> - TEOR DE FLUORETO DESSORVIDO PELO CIMENTO DE IONÔMERO DE VIDRO VIDRION R APÓS 96 HORAS NA SALIVA ARTIFICIAL.	<b>92</b>
<b>TABELA 4.13</b> - TEOR DE FLUORETO DESSORVIDO PELO CIMENTO DE IONÔMERO DE VIDRO VIDRION N APÓS 96 HORAS NA SALIVA ARTIFICIAL.	<b>95</b>
<b>TABELA 4.14</b> - TEOR DE FLUORETO DESSORVIDO PELO CIMENTO DE IONÔMERO DE VIDRO BIOGLASS R APÓS 96 HORAS NA SALIVA ARTIFICIAL.	<b>98</b>
<b>TABELA 4.15</b> - TEOR MÉDIO DE FLUORETO E COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (CV) DE LIBERAÇÃO DE FLUORETO APÓS 96 HORAS PARA OS CIMENTOS DE IONÔMERO DE VIDRO.	<b>101</b>

<b>TABELA 4.16</b> - TEOR DE FLUORETO DESSORVIDO PELO SELANTE FLUROSHIELD APÓS 96 HORAS NA SALIVA ARTIFICIAL.	<b>101</b>
<b>TABELA 4.17</b> - TEOR DE FLUORETO DESSORVIDO PELO SELANTE CONSEAL F APÓS 96 HORAS NA SALIVA ARTIFICIAL.	<b>104</b>
<b>TABELA 4.18</b> - TEOR DE FLUORETO DESSORVIDO PELO SELANTE NaF 16,7% APÓS 96 HORAS NA SALIVA ARTIFICIAL.	<b>107</b>
<b>TABELA 4.19</b> - TEOR DE FLUORETO DESSORVIDO PELO SELANTE KF.2H <sub>2</sub> O 16,7% APÓS 96 HORAS NA SALIVA ARTIFICIAL.	<b>110</b>
<b>TABELA 4.20</b> - TEOR DE FLUORETO DESSORVIDO PELO SELANTE CaF <sub>2</sub> 16,7% APÓS 96 HORAS NA SALIVA ARTIFICIAL.	<b>113</b>
<b>TABELA 4.21</b> - TEOR DE FLUORETO DESSORVIDO PELO SELANTE MgF <sub>2</sub> 16,7% APÓS 96 HORAS NA SALIVA ARTIFICIAL.	<b>117</b>
<b>TABELA 4.22</b> - TEOR DE FLUORETO MÉDIO E COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (CV) DE LIBERAÇÃO DE FLUORETO APÓS 96 HORAS PARA OS SELANTES E CIMENTOS DE IONÔMERO DE VIDRO E 3 HORAS PARA OS VERNIZES FLUORETADOS NA SALIVA ARTIFICIAL.	<b>120</b>
<b>TABELA 4.23</b> - FATORES QUE AFETAM A LIBERAÇÃO DE FLUORETO APÓS 96 HORAS PARA OS SELANTES E CIMENTOS DE IONÔMERO DE VIDRO E 3 HORAS PARA OS VERNIZES FLUORETADOS NA SALIVA ARTIFICIAL.	<b>121</b>

## LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS E ABREVIATURAS

Al	- alumínio
ATF	- aplicação tópica de flúor
Bis-GMA	- bisfenol A de metacrilato de glicidila ( <i>bis-phenol A of glycidil methacrylate</i> )
Ce	- cimento
C	- carbono
CA	- carbonatoapatia
Ca	- cálcio
Cl	- cloro
CIV	- cimento de ionômero de vidro
CPOS	- índice para avaliar saúde dental para superfície dental cariada-perdida-restaurada (ou <i>DMFS = decayed-missing-filled surface</i> )
ddp	- diferença de potencial
D	- dentina
DC	- dentina cariada
DS	- dentina sadia
DPT	- dose provavelmente tóxica
E	- esmalte
EDS	- <i>Energy Dispersive Spectroscopy</i> (espectroscopia de energia dispersiva)
EDTA	- ácido etilenodiaminotetracético
FFA	- fluoreto e fosfato acidulados (ou <i>APS = acidulated phosphate fluoride</i> )
h	- hora
H	- hidrogênio
HA	- hidroxiapatita
HA-F	- hidroxiapatita fluoretada

FA	- fluorapatita
MEV	- microscopia eletrônica de varredura
Mg	- magnésio
mg/L	- miligramas por litro (equivalente à ppm ou partes por milhão)
min	- minuto
Na	- sódio
O	- oxigênio
P	- fósforo
PO	- fosfato octocálcico
ppm	- partes por milhão (mg/L ou mg/Kg)
s	- segundo
SBD	- solução para bochecho diário
$s_x$	- desvio padrão da média
Si	- silício
TISAB	- "total ionic strength adjuster buffer" (tampão de ajuste de força iônica total)
%	- porcentagem

**Observação Geral:** os gráficos gerados pelo programa **Statistica** permaneceram em inglês devido à dificuldade de compatibilidade com o editor de texto usado. os fatores representados pelo programa **Statistica** devem ser assim considerados:

(1)H(L) = fator número 1, corresponde à alteração do teor hidrogeniônico, usado para modelo linear

(2)S(L) = fator número 2, corresponde à alteração do teor salino, usado para modelo linear

1Lby2L = interação dos fatores (1)H(L) e (2)S(L), ou simplesmente representado por HS

(1)H(Q) = fator número 1, corresponde à alteração do teor hidrogeniônico, usado para modelo quadrático

(2)S(Q) = fator número 2, corresponde à alteração do teor salino, usado para modelo quadrático

## RESUMO

Um estudo exploratório foi realizado para detectar a presença de flúor em tecidos dentais mineralizados, bem como analisar os principais elementos de sua composição. A capacidade dos tecidos dentais externos de incorporar fluoreto de uma solução aquosa com concentração similar à da água de abastecimento também foi analisada. O teor de fluoreto foi determinado por potenciometria com eletrodo de íon seletivo em bebidas industrializadas em ascensão de consumo pela população de *status* socioeconômico médio e alto, como água mineral, suco de laranja, suco de pêssigo e suco de uva. Quatro selantes à base de Bis-GMA com diferentes sais de fluoreto foram preparados. O potencial de liberação de íons fluoreto destes selantes em saliva artificial foi avaliado laboratorialmente e foi comparado com outros biomateriais odontológicos comerciais, sendo dois selantes com fluoreto, dois vernizes e três cimentos de ionômero de vidro.

Não foi detectado flúor nos tecidos dentais e a análise por microscopia eletrônica de varredura (MEV) associada a espectroscopia de energia dispersiva (EDS) revelou que a soma do teor de oxigênio (54-68%), cálcio (13-26%), fósforo (8-14%) e carbono (3-7%) compreendem quase a totalidade da composição. A imersão da metade longitudinal de um molar em solução de NaF 1 mg/L reduziu o teor de íons fluoreto da solução. O condicionamento prévio com gel de ácido fosfórico (37%) favoreceu a incorporação deste íon, sendo que 15s foi o tempo ideal de condicionamento. A MEV-EDS comprovou a incorporação superficial de flúor, sendo em maior intensidade para o cimento. O baixo teor de fluoreto observado por potenciometria com íon seletivo em água mineral e em sucos de frutas (laranja, uva e pêssigo) sugere que estas bebidas não são fontes importantes deste íon. O pH dos sucos foi muito inferior ao pH crítico (pH 5,5), onde ocorre a preponderância da desmineralização dental em relação à remineralização, ao contrário das águas minerais. O teor de fluoreto (em mg/L para 100 mg de biomaterial) liberado por vernizes odontológicos fluoretados, selantes dentais fluoretados e cimentos de ionômero de vidro (CIV) imersos em 15 mL de saliva artificial por 3h (verniz) ou 96h (CIV ou selante) foi avaliado. O verniz Bifluorid 12 liberou 138,5mg/L contra 2,5mg/L do Fluorniz. O CIV para restauração Vidrion R liberou 20,0mg/L e o Bioglass liberou 9,9mg/L, enquanto que o Vidrion N, usado como núcleo de preenchimento, dessorveu 2,9mg/L. Os selantes comerciais Fluroshield e Conseal F dessorveram 0,7 e 0,6mg/L, respectivamente. Os selantes produzidos à base de potássio e sódio dessorveram 209,3 e 32,1mg/L, enquanto os de cálcio e magnésio dessorveram quantidades quase imperceptíveis. A liberação geralmente dependeu da alteração hidrogeniônica e, em menor caso, do teor de sais da saliva.

**PALAVRAS-CHAVE:** Fluoreto, Selante de fósulas e fissuras, saúde dental

## ABSTRACT

An exploratory study was accomplished to detect the presence of fluoride in the dental mineralized tissues, and also to analyze the main elements of their composition. The capacity of the external dental tissues to incorporate fluoride from an aqueous solution with similar concentration to the one found in a regular city tap water (Curitiba, Brazil) was also analyzed. Fluoride level was determined by a selective ion electrode potentiometer in regular consumption beverages of medium-to-high socio-economical status populations of Brazil, such as mineral water, orange juice, peach juice and grape juice. Four Bis-GMA pit and fissure sealants with different fluoride salts were prepared. The potential of fluoride ions release of these sealants in artificial saliva was experimentally evaluated and compared to other dental biomaterials commercially available, two fluoride sealants, two liners and three glass ionomer cements (GIC). Fluoride was not detected in the dental tissues and the scanning electron microscopy (SEM) associated to energy dispersive spectroscopy (EDS) revealed that the oxygen index (54-68%), calcium (13-26%), phosphorus (8-14%) and carbon (3-7%) almost comprehend the totality of the composition. The immersion of the longitudinal half of a molar in a solution of NaF (1 mg/L) reduced the fluoride index of the solution. Previous acid etching (phosphoric acid, 37%) favored the incorporation of fluoride, and 15 seconds was the ideal time of etching. SEM-EDS demonstrated the superficial incorporation of fluoride, shown in larger intensity by the cement. The low fluoride index observed by selective ion electrode potentiometer in fruit juices (orange, grape and peach) suggests that these beverages are not important sources of this ion. The pH of the juices was inferior to critical pH level of 5.5 (in which more demineralization occurs than re-mineralization), unlikely the mineral waters. The fluoride index (mg/L in 100 mg of biomaterial) achieved by fluoride dental liners, fluoride dental sealants and glass ionomer cements (GIC) immersed in 15 mL of artificial saliva for 3 hours (liners) or 96 hours (GIC or sealant) was evaluated. Bifluorid 12 liner released 138.5mg/L while Fluorniz released 2.5mg/L. Vidrion R (restoration GIC) released 20.0mg/L, Bioglass (restoration GIC) released 9.9mg/L, and Vidrion N (core GIC) released 2.9mg/L. The commercial sealants Fluroshield and Conseal F released 0.7 and 0.6mg/L, respectively. The experimentally obtained potassium and sodium base sealants released 209.3 and 32.1mg/L, respectively, while calcium and magnesium base sealants released almost imperceptible amounts. The fluoride release mostly depended on the hydrogen ion change, and in minor amount, on the saline rate of the saliva.

**KEY WORDS:** Fluoride, pit-and-fissure sealant, dental health

## 1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de biomateriais é motivado pela necessidade das áreas biológica e da saúde. Ele compreende conhecimento médico, de pesquisa básica, desenvolvimento tecnológico, bioética e regulamentação federal. O termo biomaterial foi consolidado nos primeiros simpósios sobre o tema (Clemson University Biomaterials Symposia) no final dos anos 60. Em 1975, a “Society for Biomaterials” foi fundada. Biomaterial pode ser definido como “material para ser implantado no corpo e ser usado como um material simples ou integrado em um dispositivo para interagir com os sistemas biológicos com adequada resposta do hospedeiro”. Substitutos para válvulas cardíacas, lentes intra-oculares, implantes dentais e selantes dentais são alguns exemplos de aplicação de biomateriais<sup>1</sup>. O desenvolvimento de um selante dental, também denominado selante de cicatrículas e fissuras ou selante de fósulas e fissuras, com potencial de liberação de íons fluoreto foi o tema principal deste trabalho.

O flúor não pode ser designado como um elemento indispensável para a atividade metabólica humana. Entretanto, pequenas quantidades de fluoreto são consideradas essenciais para prevenir a cárie dental, principalmente no período de desenvolvimento do dente. O fluoreto pode agir de dois modos distintos: ele inibe as enzimas bacterianas, portanto reduz a produção de ácidos orgânicos, os quais são responsáveis pela desmineralização do esmalte dental e também pode substituir os íons hidróxido da hidroxiapatita, produzindo a hidroxiapatita fluoretada, a qual é menos solúvel que a hidroxiapatita pura. Assim, o fluoreto reduz a incidência de cárie dental e corrige algumas irregularidades da superfície dental. De fato, o dente fluoretado é cerca de três vezes mais resistente à cárie do que o dente não fluoretado. Por outro lado, consumo excessivo de fluoreto provoca fluorose<sup>2</sup>. Esta patologia pode ser identificada como manchas brancas, para o grau de baixa e média intensidade, ou manchas castanhas com perda ou não de estrutura, para elevado grau de fluoretação. Neste caso, o tecido ósseo pode também ser afetado<sup>3</sup>. A fluorose pode ser tratada esteticamente por técnicas de clareamento, micro-abrasão, restauração ou confecção de prótese dental. A escolha da técnica depende do grau de comprometimento<sup>4</sup>, mas esses tratamentos podem ser caros e, em alguns casos, agressivos. Assim, cuidados especiais com o uso de produtos

fluoretados devem ser tomados, por exemplo, a supervisão do uso de dentífrico fluoretado por crianças com idade inferior a 5 anos<sup>4,5</sup>.

O efeito anticárie obtido pela fluoretação da água de abastecimento está bem estabelecido. Os efeitos não dentais do fluoreto presente na água têm sido pobremente estudados para permitir uma conclusão definitiva. O aumento de ocorrência de malignificações tem sido atribuído ao fluoreto, particularmente sarcoma osteogênico, mas não tem sido confirmado através de experimentos com ratos ou de estudos epidemiológicos. O aumento de prevalência de fratura osteoporótica atribuído ao consumo de água fluoretada (1 mg/L) também não foi confirmado. Ainda, a proteção contra a arteriosclerose também não foi confirmada<sup>6</sup>. Outro aspecto geralmente levantado é que a fluoretação da água viola o princípio de respeito da autonomia individual, retirando a liberdade de escolha para consumo ou não de fluoreto. Por outro lado, a restrição de escolha é defendida com base em que é benéfico a populações mais vulneráveis. Os opositores justificam que o benefício do fluoreto pode ser obtido por outras fontes, como por exemplo, enxagüatórios bucais fluoretados e fluoreto aplicado por profissionais<sup>7</sup>. Assim, a suspensão de fluoretação artificial da água já foi proposta politicamente<sup>8</sup>, o que é um encorajamento para o desenvolvimento de estudos para compreender a ação do fluoreto e seus efeitos, para desenvolvimento e otimização de materiais capazes de liberar fluoreto em teores adequados à proteção dental.

Numa primeira etapa foi realizado um estudo exploratório da composição dental para detectar a presença de fluoreto, bem como dos principais elementos de sua composição. A capacidade de incorporação deste íon pelos tecidos dentais a partir de uma solução aquosa com concentração similar à da água de abastecimento também foi estudada. Um segundo aspecto abordado foi a avaliação do teor de fluoreto em bebidas em ascensão de consumo pela população de *status* socioeconômico médio e alto, como água mineral, suco de laranja, suco de pêssego e suco de uva. Quatro selantes à base de Bis-GMA com diferentes sais de fluoreto foram preparados como protótipos. O potencial de liberação de íons fluoreto em saliva artificial foi avaliado laboratorialmente e foi comparado com outros biomateriais odontológicos comerciais, sendo dois selantes dentais com fluoreto, dois vernizes odontológicos fluoretados e três cimentos de ionômero de vidro.

## 1.1 A DOENÇA CÁRIE E A MANUTENÇÃO DA SAÚDE BUCAL

### ***a. Motivação da Manutenção da Saúde Bucal e Métodos Preventivos***

NORDI *et al.* (2004<sup>9</sup>) relataram em sua revisão bibliográfica que o retorno periódico ao atendimento odontológico apresenta um papel fundamental para a manutenção da saúde bucal. O período de retorno periódico é variável, dependendo intimamente do nível de cooperação do paciente com as técnicas de higiene bucal. O grau de cuidado geralmente observado não atinge níveis ideais para evitar a doença cárie, o que só pode ser melhorado por programas educativos e preventivos tanto em serviço público quanto em consultório particular. Assim, o retorno periódico é um meio adequado para educação e motivação da manutenção da saúde bucal. Isto deve ser realizado baseado em risco do paciente ao desenvolvimento da doença cárie, níveis de higienização, tipo de dieta e grau de cooperação. A periodicidade deve ser tal que possa estabelecer a prevenção da doença cárie e periodontal, bem como reforçar a motivação.

ROZIER (2001<sup>10</sup>) relatou em sua revisão bibliográfica, que compreendeu artigos entre 1980 e 2000, as conclusões de estudos que utilizavam diferentes métodos de prevenção primária de cárie dental. Estas técnicas foram classificadas em: retornos periódicos ao consultório odontológico, uso de produtos fluoretados, uso de agentes microbianos, melhoria de higiene dental e hábitos alimentares. Os produtos de prevenção citados (gel fluoretado, verniz fluoretado, selante dental e enxagüatório com clorexidine) podem prevenir de 22 a 46% dos casos possíveis comparado a um grupo controle. Assim, eles podem ser recomendados, mas deve ser considerada a peculiaridade de cada indivíduo.

MOIMAZ *et al.* (2002<sup>11</sup>) avaliaram a utilização de métodos preventivos por 100 cirurgiões-dentistas em consultórios particulares no município de Araçatuba, São Paulo. Quanto à forma de atuação estavam distribuídos em: 62% em clínica geral, 11,3% em odontopediatria, 11,3% em dentística, 1,7% em periodontia e 13,7% em diversas áreas, sendo as mais freqüentes prótese e endodontia. Os resultados do questionário aplicado revelaram que 96% realizam a prevenção habitualmente, mas 72% dos cirurgiões-dentistas recomendam a prevenção para todos os pacientes. Ainda, 63% não solicitam o retorno do paciente para este procedimento. O controle de placa bacteriana (51%) é o método mais utilizado, seguido de outras técnicas, como raspagem/polimento corono-radicular (22%), profilaxia com taça de borracha e

pedra-pomes (19%) e uso de jato de bicarbonato (17%). O retorno semestral é a frequência mais utilizada. O hábito de classificar a doença cárie e a periodontal é feita pela maioria dos cirurgiões-dentistas, sendo 79% e 61%, respectivamente. A maioria dos cirurgiões-dentistas (95%) recomenda a escovação dental durante a motivação, sendo que 54% não citaram a técnica recomendada. O uso de soluções para evidenciação de placa bacteriana é feito por cerca de 51% dos entrevistados. Informações sobre dieta não cariogênica também é recomendado pela maioria (90%). As formas de motivação mais utilizadas são explicações verbais, uso de macro modelos, álbuns explicativos e cartazes. O uso de gel fluoretado (86%) e o selamento dental (22%, sendo 61% destes casos para dentes decíduos e permanentes) são as formas mais comuns de prevenção por ação profissional. A maioria indica dentifrício fluoretado, mas sem recomendar marcas. A grande maioria (92%) afirmou que a prática da prevenção proporciona satisfação profissional.

#### ***b. Aspectos da Terapia de Tratamento Dental***

A doença cárie atinge a dentição decídua com grande intensidade uma vez iniciada. É especialmente mais problemática para crianças muito jovens e em período de aleitamento, sendo denominada “cárie de mamadeira”. A evolução rápida e envolvendo diversos elementos dentais é atribuída à ingestão excessiva de carboidratos e à falta de higiene adequada; o que é comum ao aleitamento noturno. A idade das crianças envolvidas torna impossível realizar diversas intervenções ou só possível através de anestesia geral. O controle da doença com uso de soluções de diaminofluoreto de prata ( $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2\text{F}$ ) é considerada a melhor alternativa. Os produtos comerciais (Cariostatic, Inodon a 10%; Bioride, Herpo a 12% e Safluoride Di Walter, Polidental a 30%) apresentam diversas concentrações de sais. A solução aplicada reage na superfície dental produzindo fluoreto de cálcio ( $\text{CaF}_2$ ) e fosfato de prata ( $\text{Ag}_3\text{PO}_4$ ). O primeiro sal facilita a remineralização do dente e a formação de uma camada mais resistente a desmineralização (camada de fluorapatita). Os íons prata do segundo sal reduzem a proporção de *Streptococcus mutans*, bem como outros microorganismos negativos à saúde bucal. Assim, este produto pode ser uma alternativa eficiente em Saúde Pública e nos casos de lesões rampantes. Infelizmente, existe um grande comprometimento estético, com intenso

escurecimento da região de aplicação, o que geralmente é altamente rejeitado pelos pais e meio social (SILVA *et al.*, 2002<sup>12</sup>).

AMORIM e SANTOS (2000<sup>13</sup>) avaliaram a visão que a criança tem do cirurgião-dentista através da interpretação de desenhos. Crianças entre 7 e 12 anos de idade de escolas públicas e particulares produziram desenhos “de seu dentista” e foram entrevistadas durante a confecção do desenho e, a seguir, preencheram um questionário (o que é um dentista?; o que ele faz?; o que ele diz para você quando ele chega?; como o dentista trata você?). Os desenhos foram classificados em dois grupos, sendo que 51% foram impressões negativas e 49% impressões positivas. O paciente foi muitas vezes indicado com face infeliz e com tamanho muito reduzido em relação à cadeira odontológica e ao cirurgião-dentista. Houve também ênfase ao equipamento odontológico ou instrumental e a ausência de mão (ou mão escondida) do cirurgião-dentista. A ausência da boca do cirurgião-dentista nos desenhos foi muito freqüente também. Nem sempre o cirurgião-dentista foi descrito como o ponto negativo, mas sim ter que ir ao consultório odontológico. Assim, pode ser concluído que naturalmente existe uma aversão ao tratamento odontológico, mesmo para pacientes que gostam do profissional. As técnicas de biossegurança (máscara) e a técnica de não exposição à vista de instrumentos que possam induzir a insegurança do paciente impedem um comportamento mais amistoso. Por último, a exodontia é relatada com freqüência, o que é um registro negativo associado à profissão. Assim, quanto mais comuns forem as idas ao cirurgião-dentista para técnicas preventivas, ou eventualmente, em locais diferentes do consultório (p. ex., em escolas) melhor será o relacionamento paciente-profissional.

A anestesia geral pode ser considerada uma alternativa confortável e, em muitos casos, a única viável de atendimento de pacientes muito pequenos, de difícil condicionamento, pacientes com grandes procedimentos clínicos e cirúrgicos combinados ou não ou para pacientes especiais. A anestesia geral é um estado de sono profundo com conservação das funções vitais e insensibilidade à dor, além de relaxamento muscular. O perfil de pacientes infantis atendidos sob anestesia geral do Departamento de Clínica e Odontologia Preventiva da Universidade Federal de Pernambuco de novembro de 1999 a julho de 2000 foi avaliado para descrever as indicações desse tipo de atendimento. A maioria das crianças atendida (53 crianças) pertence ao grupo denominado normal (71,7%), enquanto que as demais

eram especiais (28,3%). A maioria das crianças normal atendida entre 3 a 5 anos de idade (16 crianças) era para tratamentos clínico/cirúrgicos, enquanto que para pacientes especiais a distribuição de idade não foi preponderante para uma faixa etária. Os pacientes normais que tiveram procedimento exclusivamente cirúrgico tinham idade entre 6 e 11 anos. O tratamento com anestesia geral revelou um pós-operatório excelente para a maioria dos pacientes e um nível de satisfação elevado dos pais ou responsável (COUTO *et al.*, 2001<sup>14</sup>). O custo não foi abordado, mas pode ser uma limitação para os atendimentos particulares.

### **c. Promoção da Saúde Bucal**

VALLE *et al.* (2003<sup>15</sup>) realizaram um programa de promoção de saúde bucal em uma amostra piloto com 25 crianças com idade entre 5 e 6 anos baseada apenas em controle mecânico do biofilme dental. As crianças e seus pais foram motivados com palestras sobre a importância da escovação. Eles foram instruídos a realizar escovação dental com pasta fluoretada durante o dia e na escovação noturna usar pasta com evidenciador de biofilme dental para aumentar a eficiência da escovação. VALLE *et al.* (2003<sup>15</sup>) utilizaram o método colorimétrico NO Caries<sup>®</sup> e o de determinação do índice de biofilme dental de Quigley-Hein modificado (baseado em fucsina a 2%) para avaliar a eficiência do programa. Eles concluíram que houve melhora nas condições de higiene bucal dos pacientes, porém a população bacteriana existente na saliva permaneceu inalterada.

CURY *et al.* (2001<sup>16</sup>) avaliaram o potencial de remineralização ou desmineralização de esmalte humano com uso de dentifrício fluoretado (D-F) ou de dentifrício fluoretado com bicarbonato de sódio (D-F+NaHCO<sub>3</sub>) em relação a um placebo. Um dispositivo intra-bucal com blocos de esmalte (dois fragmentos com esmalte hígido e dois com lesão artificial de cárie) foi usado por 28 dias com cada um dos produtos. Os resultados mostraram um aumento da concentração de fluoreto na placa formada durante o tratamento com D-F+NaHCO<sub>3</sub> em comparação ao placebo, mas a diferença relatada para o D-F não foi significativa. A desmineralização do esmalte foi menor e a remineralização foi maior depois do tratamento com D-F+NaHCO<sub>3</sub> em comparação ao placebo, mas não houve melhora ou piora quando comparado ao dentifrício D-F.

A melhoria na construção das escovas dentais e alterações dos filamentos, apesar de melhorar o desempenho da higienização nas superfícies interproximais, ainda não foi capaz de higienizá-las completamente. O uso de fio dental geralmente é visto como um procedimento tedioso e nem sempre motivador. Vários tipos têm sido desenvolvidos, sendo que geralmente são à base de teflon. Várias alterações têm sido propostas, como texturizados e com liberação de fluoreto. PANZERI *et al.* (2001<sup>17</sup>) compararam clinicamente quatro modelos de fio dentais. Oitenta pessoas entre 18 e 30 anos de idade foram divididas em quatro grupos. O índice de placa e de remoção de placa foi avaliado clinicamente com corante evidenciador de biofilme dental. Os indivíduos foram recomendados a não escovar os dentes por 48 h antes da consulta clínica para determinar o índice de placa inicial. Seis espaços interproximais foram avaliados (15/16, 21/22, 24/25, 35/36, 41/42 e 44/45). O índice de Quigley-Hine modificado por Turesky foi tabelado para análise. Os indivíduos foram reavaliados após 30 dias de uso de 30 cm de fio dental por três vezes ao dia. Os quatro fios estudados (dois da Johnson & Johnson: fio *Reach* e novo fio *Reach*; e dois da Oral B: Satin Floss e com cera regular) foram capazes de cumprir sua finalidade. O fio Johnson & Johnson: novo fio *Reach*, de polipropileno e de forma achatada, foi o de melhor desempenho (PANZERI *et al.* 2001<sup>17</sup>).

A introdução de fluoreto na composição de fio dental é uma melhoria na filosofia preventiva. Por exemplo, SOUZA *et al.* (2004<sup>18</sup>) avaliaram o potencial de incorporação de fluoreto no esmalte dental *in situ* depois da utilização de fio dental com fluoreto (Oral B, 0,15 mg F/m). Neste estudo, cem blocos de esmalte bovino foram artificialmente desmineralizados e aleatoriamente separados em dois grupos: controle e teste. Os blocos foram montados de modo a simular contatos proximais. Eles foram fixados com um dispositivo intra-bucal em oito indivíduos com mesmo fluxo salivar e mesmo poder de tamponamento. As porções interproximais foram limpas três vezes ao dia por 2 min cada após a refeição, sendo que 2 cm de fio eram utilizados. No mesmo período, a escovação era realizada com pasta isenta de fluoreto. O fluoreto incorporado pelo esmalte foi extraído pelo método de Caslavská e cols. (1975) e medido com potenciometria de eletrodo de íon seletivo. Havia mais fluoreto de cálcio no esmalte submetido ao fio dental fluoretado (média = 3,00 mg/cm<sup>2</sup>) do que para o grupo controle (0,26 mg/cm<sup>2</sup>).

#### ***d. Diagnóstico da Cárie e Início da Terapia Curativa***

A desmineralização cariiosa no sistema de fóssulas, cicatrículas e fissuras é crítica, em função da microanatomia da superfície oclusal, bem como a própria localização, a qual dificulta a percepção visual de alteração desta região. O exame clínico-anamnésico é fundamental. A anamnese deve abordar a idade do paciente, o estilo de vida, os hábitos, a condição de higiene bucal, a dieta e a exposição ao fluoreto; bem como a existência de deficiência motora, de enfermidades sistêmicas e de alteração de fluxo salivar, além da idade de suas lesões. O exame visual deve revelar o estado de higiene bucal, a condição periodontal, as alterações estruturais dos dentes e a presença de placa dental. O exame tátil com a sonda clínica é útil para investigar a consistência da dentina em tecidos cavitados, mas é comum ser usada sem critério. O exame radiográfico é muito importante para detectar lesões não-cavidades e lesões interproximais. Os métodos complementares podem ser realizados através de digitalização da radiografia, transiluminação, diagnóstico com laser e resistência à propagação elétrica. Esses métodos complementares têm sido desenvolvidos para auxiliar a detecção e o monitoramento de tais lesões, embora forneçam informações estáticas, as quais não podem ser consideradas isoladamente. Assim, a associação do exame clínico-anamnésico e alguns exames complementares permite determinar individualmente o risco, a atividade e a severidade da doença. Essa associação também permite caracterizar as lesões já estabelecidas, o que pode facilitar a escolha da terapêutica adequada (LOBO *et al.*, 2003<sup>19</sup>). Por outro lado, o uso de métodos complementares aumenta o custo clínico do profissional, o que inibe sua ampla utilização.

FERNANDES *et al.* (2000<sup>20</sup>) avaliaram alguns dos métodos de diagnóstico de cárie oclusal mais utilizados: inspeção visual, inspeção tátil (sonda n<sup>o</sup>. 5, Golgran, com ponta romba), exame radiográfico (interproximal) e transiluminação por fibra ótica (Transiluminador Dentile). Uma amostra de 20 primeiros molares em 7 crianças com idade entre 7 e 12 anos foi usada neste estudo. Os dentes foram submetidos à profilaxia com escova de Robinson contendo pasta de pedra-pomes, lavados e secos por 15s. Os resultados foram obtidos através das análises descritivas e pelo teste de Cochran, o qual detectou diferença estatisticamente significativa para o último método em relação aos três primeiros. Mesmo assim, a inspeção visual foi considerada um bom método, quanto à sensibilidade, em relação

ao método tátil e radiográfico isoladamente. O método radiográfico não foi considerado eficaz para o diagnóstico de cárie oclusal incipiente. O método tátil não foi adequado a detectar lesão e pode provocar iatrogenias e transferência de colônias patogênicas entre os elementos dentais. A eficácia melhor do método de transiluminação faz com que seja recomendado para complementar o exame visual. A dificuldade observada para o diagnóstico faz com que o uso de técnicas preventivas seja estimado. Assim, as técnicas preventivas, apesar de nem sempre apresentarem custo reduzido, podem ser mais convenientes para preservar a saúde bucal.

McCOMB (2001<sup>21</sup>) relata que é difícil a decisão de quando iniciar a terapia curativa da cárie dentária. Assim, ele avaliou em sua revisão bibliográfica as possíveis operações de terapia de remoção de cárie. A terapia curativa é uma ação irreversível. A restauração tem vida finita e sua opção também influencia na terapia a ser realizada. A filosofia de “extensão para prevenção” tem sido abandonada, pois a recidiva de cárie também é comum neste caso, o que colocou em dúvida esse modelo de preparo. Por outro lado, a intervenção conservativa não garante, por si, a longevidade da restauração. Toda restauração está vulnerável ao desenvolvimento de cárie recorrente, falha de material e deficiência de técnica. De fato, o conservadorismo mal orientado pode, em alguns casos, levar à perda acelerada do material restaurador devido à dificuldade envolvida na técnica, o tipo de material usado e a ausência de controle profissional. Assim, o preparo em túnel e a restauração em fenda (“slot”) para cáries proximais ou o uso de selantes pode aumentar a longevidade dos dentes, mas deve ser realizada com concomitante controle profissional. Por exemplo, os selantes se deterioram e desprendem da superfície dental e necessitam de reparos para continuar evitando o desenvolvimento da cárie.

## **1.2 PREVENÇÃO À BASE DE LIBERAÇÃO DE FLUORETO**

### ***a. Flúor e Hidroxiapatita***

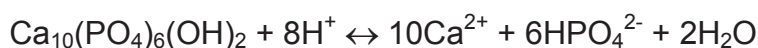
O flúor é um gás que se combina facilmente com diversos elementos formando fluoretos. Este elemento compõe aproximadamente 0,077% da crosta terrestre e é o 13º elemento mais comum. Os minerais mais comuns são a fluorita (fluoreto de cálcio), criolita (sal duplo de sódio e alumínio) e a apatita (sal composto

por cálcio, fluoreto, fosfato, carbonato e sulfato). Quando a água passa por esses minérios presentes nas camadas do solo, uma pequena parte do fluoreto é dissolvida nela proporcionando teores na ordem de mg/L de fluoreto. Assim, a maioria da água não tratada contém traços de fluoreto. Os rios, riachos, lagos e reservatórios de água geralmente contêm teores máximos de 0,3 mg/L. As águas subterrâneas (minas, poços e galerias de infiltração) são as fontes que geralmente apresentam os maiores teores de fluoreto. Ainda, a concentração de fluoreto no mar é na ordem de 1,4 mg/L, enquanto no corpo humano é encontrado como traços. Fontes contaminadas com águas residuárias, por exemplo, das indústrias de aço, de alumínio e de fertilizantes, podem variar amplamente o teor de íon fluoreto (MAIER, 1971<sup>22</sup>).

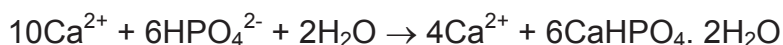
Para compreender a função do fluoreto na proteção do dente, a formação do mesmo deve ser compreendida. A parte inorgânica do dente é essencialmente apatita ( $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ ), (**HA**). W.E. Brown defende fortemente o mecanismo de formação da apatita em que o fosfato octocálcico ( $\text{Ca}_8\text{H}_2(\text{PO}_4)_6 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  ou **FO**) é o precursor. O crescimento do cristal de HA ocorreria, por esta teoria, em três etapas. Inicialmente o cristal de FO cresceria em duas dimensões até formar uma semente, seguindo o crescimento da semente até formar uma unidade grande e estável (unidade plena) de FO de duas dimensões e, por último, o crescimento tridimensional do cristalito. Nesta última fase, ocorre a hidrólise do FO para formar a HA (LAZZARI, 1978<sup>23</sup>).



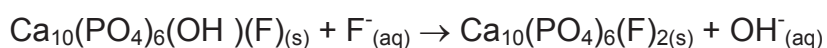
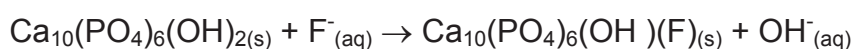
A teoria acidogênica da cárie de esmalte postula que o cristal de hidroxiapatita é atacado por ácidos orgânicos produzidos por catabolismo microbiano. O equilíbrio mostrado a seguir é observado em pH entre 4 e 6:



Neste processo, uma reação consecutiva também é sugerida entre os íons fosfato e cálcio. O fosfato monoácido de cálcio dihidratado poderia ser lavado pela saliva ou, em uma condição favorável, ser redepositado.



Por outro lado, a presença de íons fluoreto pode contribuir na produção da fluorapatita (**FA**) superficial, a qual sendo menos solúvel em água, inibe o desenvolvimento da doença cárie (LAZZARI, 1978<sup>23</sup>). A permuta de íons ocorre gradativamente. Inicialmente ocorre a substituição de um dos íons hidróxido, seguido da segunda alteração, caso tenha íons fluoreto disponíveis em teores adequados.



### ***b. Histórico do Fluoreto em Água de Consumo Humano***

O fluoreto é um medicamento de grande importância para a prevenção e o tratamento da cárie dental. Por outro lado, ele pode ocasionar efeitos colaterais quando ingerido de modo indiscriminado. Essas duas características foram descobertas no início do século XX. O Dr. J.M. Eager, médico do Serviço Público dos Estados Unidos, havia observado em 1901 que imigrantes italianos provenientes de um dos bairros de Nápoles apresentavam dentes negros, denominados de enfermidade de Chiaie (*denti di Chiaie*). Esse fato foi associado ao consumo da água “carregada com fumos vulcânicos de baixa pressão” ou exposição aos fumos do mesmo (MAIER, 1971<sup>22</sup>). Esta água era sabidamente ferruginosa e sulfurosa. Esse fenômeno foi atribuído principalmente à água, uma vez que após a utilização de outra fonte, a doença deixou de ser observada (LAZZARI, 1978<sup>23</sup>). Este médico observou também que entre os jovens deste local parecia existir uma tendência a ter dentes fortes, bem formados e não propensos à cárie. A enfermidade foi descrita, em sua forma mais branda, como sendo caracterizada por pontos pequenos, opacos e esbranquiçados que geralmente eram observados em dentes posteriores. O Dr. F.S. McKay, odontólogo de Colorado Springs, Colorado, informou em 1901 que muitos de seus pacientes apresentavam a doença. Em 1909, este cirurgião-dentista procurou o Dr. G.V. Black, decano da Escola de Odontologia da Universidade de Noroeste, Colorado Springs, e iniciou um estudo minucioso a este respeito. O Dr. H.A. Fynn, outro cirurgião-dentista do Colorado, afirmou que 87,5% das crianças

apresentavam defeitos no esmalte. No entanto, a análise da água e de sua comida não apresentava falta de cálcio. Black e McKay ficaram convencidos que a característica principal do esmalte manchado era decorrente do desenvolvimento dental (LAZARRI, 1978<sup>23</sup>). Assim, mais tarde, estudando os diversos graus de severidade da substância, chegou-se à conclusão que este fato era resultado de alguma substância presente na água que bebiam (LAZARRI, 1978<sup>23</sup>; MAIER, 1971<sup>22</sup>). Ele estava tão convencido disto que recomendou que o abastecimento de Oakely, Idaho, fosse substituído, pois os meninos desta região apresentavam a doença com grande severidade. O abastecimento foi mudado em 1925 para um manancial onde as crianças não desenvolviam essa doença. A alteração fez com que a enfermidade deixasse de ser observada. Inclusive, também foi relatado que pessoas que moravam nesta cidade, mas cujas dentições haviam sido formadas em outras localidades, não apresentavam a patologia. Este fato confirmou que um componente desconhecido da água poderia causar a enfermidade. O Dr. McKay solicitou aos especialistas em água que se dedicassem a descobrir qual seria o agente nocivo (MAIER, 1971<sup>22</sup>). Clinicamente, Black e McKay afirmaram que “o manchamento em si parece não aumentar a suscetibilidade dos dentes à cárie. Mas quando os dentes apresentam cáries, o estado quebradiço do esmalte torna muito difícil realizar trabalhos de restauração convenientes e eficazes”.

O Dr. F. Hannan, químico da Planta de Filtração de Toronto, Ontário, respondendo à solicitação do Dr. McKay, afirmou que: “o esmalte é essencialmente mineral e apresenta água ocluída, logo seu conteúdo mineral deve ser a causa do problema. Os elementos minerais comuns ao esmalte e à água de abastecimento são: cálcio, fósforo e flúor. A água é uma fonte importante de fosfato e cálcio, mas quando se leva em conta o fluoreto, a sua importância como fonte deste íon está em grande obscuridade hoje em dia” (Hannan, F. *Do certain water supplies disfigure the theeth? Water Works*, v.79, 934, 1926). A detecção e dosagem de traços de fluoreto são tediosas e difíceis e não estavam ao alcance do químico de plantas de abastecimento de água potável devido ao enorme número de amostras analisadas. O químico francês Gautier relatou que o fluoreto se encontra em praticamente todas as águas do globo. O fato de que não podem existir quantidades elevadas, só em traço, não estava assegurado, apesar da baixa solubilidade do fluoreto de cálcio. Por outro lado, este fato contribui para evitar o envenenamento por este sal. O Dr.

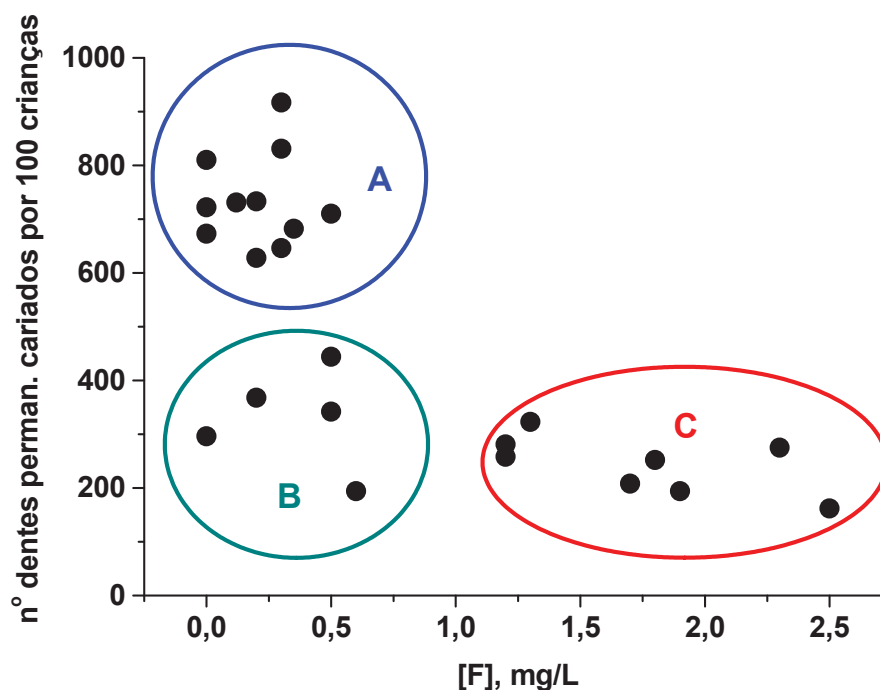
Hannan indicou o Serviço de Saúde Pública dos Estados Unidos para realizar uma investigação prolongada sobre o tema. Infelizmente, o Dr. McKay descartou a hipótese do Dr. Hannan afirmando: “nenhum dos elementos mencionados pelo senhor Hannan parecem ter alguma possibilidade de produzir descalcificação” (MAIER, 1971<sup>22</sup>).

Três grupos de cientistas isolados e usando técnicas diferentes de análise concluíram que o fluoreto era o elemento-chave. O Dr. A.W. Petrey, químico da *Aluminum Company of America*, observou uma banda de  $\text{CaF}_2$  na amostra de água de Bauxite, Arkansas. O Dr. H.V. Churchill, químico-chefe deste grupo, informou em 1931 que exames similares de amostras de água de lugares com moradores com a patologia apresentavam invariavelmente a presença de fluoreto. Quase ao mesmo tempo, Dr. H.V. Smith, M.C. Smith e E.M. Lantz provocaram manchamento dental de ratas ao fornecer água naturalmente fluoretada ou administrar fluoreto em sua dieta. Também em 1931, H. Velu produziu a doença em ratos ao utilizar água da Argélia e Marrocos, Norte da África, a qual também era rica em fluoreto (MAIER, 1971<sup>22</sup>).

O Dr. Churchill concluiu que as regiões endêmicas da patologia eram em águas com teores iguais ou superiores a 2 mg/L, enquanto que não se desenvolvia a doença para teores abaixo de 1 mg/L. O Dr. McKay afirmou que: 1. O manchamento do esmalte só ocorre no período de calcificação, aproximadamente até os 12 anos de idade, e não mais tarde. 2. As lesões produzidas durante a calcificação não podem ser corrigidas posteriormente, mesmo tentando alterar a dieta. 3. O flúor parece ser o único elemento a causar a lesão. 4. A estrutura do esmalte permanece inalterada, apesar de alterações posteriores na dieta. O Dr. H. T. Dean, do Serviço de Saúde Pública dos Estados Unidos, estabeleceu a relação direta de fluoreto da água e a patologia de manchamento dental, denominada de fluorose a partir desse estudo minucioso (MAIER, 1971<sup>22</sup>).

A Figura abaixo compila resultados de três relatórios da Saúde Pública dos Estados Unidos que relacionam o teor de fluoreto em água de abastecimento e o desenvolvimento da cárie. As regiões A e C confirmaram a teoria de que a presença do fluoreto na água em teores maiores que 1 mg/L previne o desenvolvimento da cárie. Por outro lado, a região B não confirmou essa hipótese, o que causava dúvida de sua ação. Dos diversos estudos observados também pode ser concluído que a

fluoretação é mais benéfica quando a ingestão de quantidades ótimas de fluoreto ocorre desde o nascimento e continua sem interrupção. O benefício do fluoreto para adultos não havia se demonstrado até o momento (1971), mas a dieta deste íons preveniria a osteoporose e calcificação da aorta (MAIER, 1971<sup>22</sup>).

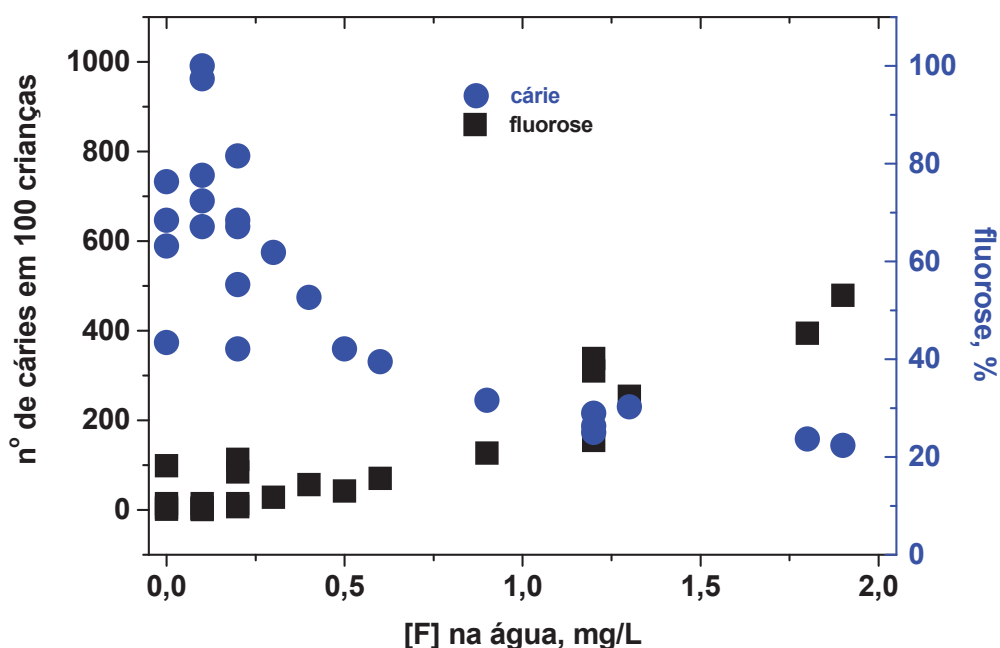


**FIGURA 1.1** - CORRELAÇÃO ENTRE O TEOR DE FLUORETO EM ÁGUA DE ABASTECIMENTO (EM mg/L) E O NÚMERO DE DENTES PERMANENTES CARIADOS POR 100 CRIANÇAS EXAMINADAS (*Public Health Reprint*, 19/08/1938, 26/05/1939 E 11/04/1941) (MAIER, 1971<sup>22</sup>).

**Fonte:** MAIER, F.J. **Fluoración del agua potable.** Organización Panamericana de la Saude, Washington. 253p. 1971.

A influência negativa da presença do fluoreto pode ser observada através do aparecimento da fluorose. Por outro lado, este íon pode inibir o desenvolvimento da cárie. Os dados observados na Figura 1.2, também mostrada por MAIER (1971<sup>22</sup>), demonstraram esse comportamento. Os dados reunidos foram resumidos em três afirmações: 1. Quando o teor de fluoreto excede 1,5 mg/L não se percebe redução adicional na incidência de dentes cariados, faltantes ou restaurados; 2. O teor de

1,0 mg/L parece ser o ponto ótimo, com redução de 60% do desenvolvimento de cárie; 3. Os teores muito inferiores a 1 mg/L não reduzem significativamente o desenvolvimento da cárie. A partir disto, o Dr. W. L. Hutton foi o primeiro, em 1942 a sugerir a fluoretação de água de abastecimento e que foi realizada em Brantford, Ontário.



**FIGURA 1.2** - RELAÇÃO DO TEOR DE FLUORETO EM ÁGUA DE ABASTECIMENTO (EM mg/L) E O NÚMERO DE DENTES PERMANENTES CARIADOS POR 100 CRIANÇAS EXAMINADAS E FLUOROSE ENCONTRADA, EM % (MAIER, 1971<sup>22</sup>).

**Fonte:** MAIER, F.J. *Fluoración del agua potable*. Organización Panamericana de la Saude, Washington. 253p. 1971.

Apesar de reconhecida a importância da fluoretação da água de abastecimento, algumas objeções foram levantadas (mas foram rebatidas): 1. A dificuldade de controlar o teor em 1 mg/L (tem sido possível obter variações máximas de 0,1 mg/L) e a possível deposição do fluoreto depois da planta de tratamento de água, como ocorre com sulfato e cloreto, formando incrustações; 2. A

exposição dos operadores a um produto tóxico (existem técnicas de segurança industrial adequadas); 3. O fluoreto pode causar corrosão (não ocorre em níveis significativos no teor usado 1,00 a 1,25 mg/L) (MAIER, 1971<sup>22</sup>).

Outros métodos para administrar fluoreto têm sido propostos e muitos deles usados, mas talvez não com o mesmo alcance, custo tão reduzido e, possivelmente, eficiência de prevenção de cárie produzida pela água fluoretada. Aplicação profissional tópica com soluções de alta concentração, mas a redução de cárie é menor (cerca de 40%) quando comparado à água de abastecimento fluoretada (60 a 70%). Além disso, requer mais tempo e deve cobrir quatro períodos (3, 7, 10 e 13 anos de idade); sendo que o custo é mais elevado, exige um número elevado de cirurgiões-dentistas e requer esforço complementar dos pais. Outros exemplos são: dentifrícios fluoretados (mas exige atenção quanto à ingestão excessiva), soluções fluoretadas para bochecho (mas exige cuidados com intoxicação e disciplina de uso), gomas de mascar (mas não são consideradas eficientes), comprimidos de fluoreto (mas necessita de colaboração dos pais e existe o perigo de intoxicação), água engarrafada (o custo previsto seria elevado, cerca de 180 vezes superior à água de abastecimento; dados calculados para Nova Iorque), sal e pão (não foi comprovada a efetividade; existe uma grande variedade de consumo, logo não se sabe qual teor ideal a ser usado), leite (não foi comprovada a efetividade, o custo seria elevado, existe uma grande variação de consumo e essa dose seria muito alta para lactentes); e fluoretação nas escolas (não é tão eficaz quanto à água de abastecimento fluoretada, mas pode ser uma solução para regiões rurais; o custo é relativamente elevado, exige pessoal treinado para este processo e existe o potencial perigo de intoxicação) (MAIER, 1971<sup>22</sup>).

### ***c. Fluoreto em Alimentos e Água de Abastecimento***

Os alimentos podem também ser uma fonte de fluoreto, embora a maioria dos vegetais e carnes contenha menos que 1,0 mg/L de fluoreto em base seca. Por outro lado, existem produtos alimentares que podem conter elevados teores deste íon. Um dos mais notáveis é o chá, que pode conter até 60 mg/L, bem como os pescados e mariscos que podem atingir 30 mg/L. Os Quadros 1.1. e 1.2 mostram alguns exemplos observados na literatura por MAIER (1971<sup>22</sup>).

**QUADRO 1.1 - CONTEÚDO DE FLUORETO EM ALIMENTOS PRONTOS PARA O CONSUMO.**

<b>Alimento</b>	<b>[F], ppm</b>	<b>Alimento</b>	<b>[F], ppm</b>
Leite	0,07-0,22	Costeleta de porco	1,00
Clara de ovo	0,00-0,60	Salsichas	1,70
Gema de ovo	0,40-2,00	Bife	1,30
Manteiga	1,50	Ostras	1,50
Queijo	1,60	Arenque (defumado)	3,50
Carne de novilho	0,20	Camarão (enlatado)	4,40
Fígado	1,50-1,60	Sardinha (enlatada)	7,30-12,50
Novilho	0,20	Salmão (enlatado)	8,50-9,00
Carneiro	0,20	Pescado fresco	1,60-7,00
Frango	1,40	Cavala (enlatada)	26,89
Porco	0,20		

Fonte: MAIER, F.J. *Fluoración del agua potable*. Organización Panamericana de la Saude, Washington. 253p. 1971.

**QUADRO 1.2 - CONTEÚDO DE FLUORETO EM ALIMENTOS EM BASE SECA.**

<b>Alimento</b>	<b>[F], ppm</b>	<b>Alimento</b>	<b>[F], ppm</b>
Arroz	1,00	Mel	1,00
Milho	1,00	Coco	0,50-2,00
Milho (enlatado)	0,20	Chocolate em pó	0,50-2,00
Aveia	1,30	Chocolate comum	0,50
Aveia em flocos	0,20	Chá (vários tipos)	30,00-60,00
Feijão	0,20	Repolho	0,31-0,50
Trigo "Sarraceno"	1,70	Alface	0,60-0,80
Farelo de trigo	1,00	Espinafre	1,00
Farinha de trigo	1,30	Tomate	0,60-0,90
Farinha "preparada"	0,00	Nabo	0,20
Farinha	1,10-1,20	Cenoura	0,20
Pão branco	1,00	Batata	0,20
Pão de gengibre	2,00	Batata-doce	0,20
Pão de centeio	5,30	Maçã	0,80
Gelatina	0,00	Abacaxi (enlatado)	0,00
Dextrose	0,50	Laranja	0,22

Fonte: MAIER, F.J. *Fluoración del agua potable*. Organización Panamericana de la Saude, Washington. 253p. 1971.

O consumo de fluoreto pode variar grandemente dependendo do padrão de alimentação e consumo de bebidas. Os alimentos combinados geralmente fornecem cerca de 0,3 mg/L deste íon. Por outro lado, a quantidade de fluoreto em plantas depende da sua espécie e não do solo. O mesmo tipo de observação foi relatado

para o leite. O leite apresenta menos de 0,2 mg/L. A mesma vaca consumindo água com 8 mg/L de F<sup>-</sup> irá produzir leite com menos de 0,3 mg/L de F<sup>-</sup>, ou seja, sem aumentar o teor no produto lácteo. O consumo provável de fluoreto foi estimado para habitantes nos Estados Unidos da América, conforme pode ser observado no Quadro 1.3. Ao se observar essa simulação pode ser concluído que os alimentos geralmente contribuem muito pouco como fonte de fluoreto, o que confirmou a necessidade de fontes adicionais; assim, a fluoretação da água a 1 mg/L foi estabelecida como ideal, mesmo podendo ser observado até 10% de indivíduos afetados por fluorose (MAIER, 1971<sup>22</sup>).

**QUADRO 1.3 - INGESTÃO ESTIMADA DE FLUORETO PARA CRIANÇAS CONSUMINDO ÁGUA DE ABASTECIMENTO DE 1 mg/L E ALIMENTOS COM 0,1 A 1,0 mg/ L DE FLUORETO.**

Criança		Consumo			
Idade, anos	Peso, kg	Água, mg de F	Alimentos, mg de F	Total de F, mg	Total de mg/kg
1-3	8-16	0,390-0,560	0,027-0,265	0,417-0,825	0,026-0,103
4-6	13-24	0,520-0,745	0,036-0,360	0,556-1,105	0,023-0,085
7-9	16-35	0,650-0,930	0,045-0,450	0,695-1,380	0,020-0,068
10-12	25-54	0,810-1,165	0,056-0,560	0,866-1,725	0,016-0,069

Fonte: MAIER, F.J. *Fluoración del agua potable*. Organización Panamericana de la Saude, Washington. 253p. 1971.

O Dr. G.J. Cox (1939) salientou que o teor ideal depende do clima de cada região. O Dr. Dean tentou determinar o ponto ótimo para Geórgia e Flórida, Estados Unidos da América. A fluorose leve foi observada no mesmo grau para dois teores diferentes de fluoreto, numa localidade com 1,0 mg/L e temperatura média de 9,4°C e em outra com 0,7 mg/L e temperatura de 20°C. Assim, o teor de fluoreto não devia exceder a 0,8 mg/L para evitar fluorose nos locais onde as temperaturas médias fossem superiores a 21,1°C. Após este estudo, foram iniciados programas de adição de fluoreto baseados na temperatura do ar. Gallagan, Donald e Vermillion (1957) propuseram a seguinte fórmula baseada na temperatura (T) em °C para determinar o teor ideal de fluoreto (F) em mg/L na água de abastecimento (MAIER, 1971<sup>22</sup>):

$$F = 22,2 / T$$

O limites recomendados de concentração de íons fluoreto segundo as Normas de Água Potável do Serviço de Saúde Pública dos Estados Unidos são mostrados no Quadro 1.4. A Organização Mundial de Saúde recomendava (1971) um teor máximo permissível de 1,5 mg/L (MAIER, 1971<sup>22</sup>).

**QUADRO 1.4 - LIMITES E CONCENTRAÇÃO IDEAL DE FLUORETO EM ÁGUA DE ABASTECIMENTO SEGUNDO A TEMPERATURA MÉDIA DIÁRIA DO AR.**

Temperatura média do ar, °C	Teor de fluoreto, mg/L		
	mínimo	Ideal	máximo
10,0 – 12,1	0,9	1,2	1,7
12,2-14,6	0,8	1,1	1,5
14,7-17,7	0,8	1,0	1,3
17,8-21,4	0,7	0,9	1,2
21,5-26,3	0,7	0,8	1,0
26,4-32,5	0,6	0,7	0,8

Fonte: MAIER, F.J. *Fluoración del agua potable*. Organización Panamericana de la Saude, Washington. 253p. 1971.

#### ***d. Fluoreto no Meio Biológico***

O fluoreto está presente no meio biológico em estruturas contendo apatita. Esta é uma propriedade singular em relação a outros haletos (cloreto, brometo e iodeto), e sua eliminação é mais lenta que a dos outros. Assim, cerca de 95 a 100% do fluoreto corporal total encontra-se nos dentes e ossos. Os ossos podem ter cerca de 500 mg/L de fluoreto. O esmalte contém cerca de 100 a 200 mg/L, a dentina 200 a 300 mg/L, a polpa de 100 a 650 mg/L e o cimento 4500 mg/L. O cálculo dental pode apresentar elevado teor deste íon, bem como o cálculo renal (2500 mg/L), mas são casos particulares (LAZARRI, 1978<sup>23</sup>).

O fluoreto é encontrado principalmente na superfície do esmalte dental e após 50 µm seu teor é muito baixo. Budevold encontrou na superfície de dentes permanentes teores superficiais de 2000 mg/L para indivíduos que usavam água fluoretada a 0,1 mg/L e 3000 mg/L para consumo de água a 1,0 mg/L. Esses valores caíam para cerca de 500 e 700 nos dentes decíduos. O teor mais baixo para dentes

decíduos foi atribuído ao menor período de formação. O teor observado em dentes de meninas foi menor que para os de meninos (LAZARRI, 1978<sup>23</sup>).

O teor de fluoreto presente na saliva está relacionado com teores de fluoreto iônico presente no plasma. O teor de fluoreto na saliva normalmente é de 0,019 mg/L. Um indivíduo ingerindo 5 mg/L de fluoreto em água por três semanas consecutivas aumenta o teor salivar para 0,073 mg/L. Mesmo assim, essa quantidade é demasiadamente pequena para inibir o desenvolvimento de cárie, embora seja sabido que o teor de 0,1 mg/L é suficiente para diminuir a solubilidade do esmalte em experimento *in vitro* (LAZARRI, 1978<sup>23</sup>).

As soluções tópicas de fluoreto são as formas mais eficazes de enriquecimento de fluorapatita no esmalte. Os modos de aumentar o potencial de incorporação de fluoreto são: 1) aumentar o teor de fluoreto tópico, 2) baixar o pH, 3) aumentar o tempo de exposição (aplicações repetidas e cobrir o esmalte tratado com selador), 4) pré-tratamento (com H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 0,5%, com Al<sup>3+</sup> ou outros complexantes de F<sup>-</sup>), e 5) utilizar NH<sub>4</sub>F em vez de NaF quando o pH for baixo. (LAZARRI, 1978<sup>23</sup>).

A aplicação de fluoreto e fosfato acidulado (1,2% de F<sup>-</sup> e H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 0,1 mol/L) por três minutos revelou que a penetração do fluoreto não ultrapassa 50 μm. Os principais produtos formados são, provavelmente, pequenas quantidades de fluorapatita (Ca<sub>10</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>6</sub>(F)<sub>2</sub>), grandes quantidades de fluoreto de cálcio (CaF<sub>2</sub>) e uma quantidade reduzida de fosfato dicálcico (CaHPO<sub>4</sub>). Esses dois últimos sais se redissolvem na saliva e os íons liberados podem potencialmente formar mais cristais de fluorapatita (LAZARRI, 1978<sup>23</sup>).

O produto de solubilidade da FA ( (Ca<sup>2+</sup>)<sup>10</sup>.(PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>)<sup>6</sup>.(F<sup>-</sup>)<sup>2</sup> = 2,63.10<sup>-60</sup>) é menor que da HA ( (Ca<sup>2+</sup>)<sup>10</sup>.(PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>)<sup>6</sup>.(OH<sup>-</sup>)<sup>2</sup> = 5,5.10<sup>-55</sup> ), em outras palavras é cerca de 100.000 vezes menos solúvel no mesmo pH, o que protege mais o dente da evolução inicial da cárie dental. A incorporação do fluoreto pode ser por adsorção (rápido e irreversível, sendo que predominam nas primeiras duas horas), acreção (crescimento dos íons incorporados), intercâmbio (troca de íons, como Ca<sup>2+</sup> por Mg<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup> por Sr<sup>2+</sup>, F<sup>-</sup> por OH<sup>-</sup>), recristalização (reprecipitação de fluorapatita em presença de fluoreto) e precipitação (LAZARRI, 1978<sup>23</sup>).

Assim, além de prevenir o desenvolvimento de cárie, o fluoreto reduz a sensibilidade dentinária. A sensibilidade dentinária é uma resposta exacerbada a estímulos térmicos, elétricos, mecânicos ou osmóticos. Esse comportamento é

atribuído a túbulos dentinários abertos, sendo que podem ser obliterados com componentes de pastas dentais, bem como hidróxido de cálcio, fluoretos, verniz, selantes e materiais restauradores (FERREIRA *et al.* 2001<sup>24</sup>).

### **e. Tipos de Produtos Fluoretados para Uso Dental**

Os agentes fluoretados podem ser divididos em duas categorias: produtos para uso profissional (soluções para bochecho de alto teor de fluoreto, géis com fluoreto, vernizes fluoretados, selantes com fluoreto, pastas profiláticas fluoretadas e cimentos de ionômero de vidro) e produtos de uso domiciliar (soluções para bochecho de baixo teor de fluoreto, dentifrícios fluoretados, bem como água fluoretada). O SINITOX, Serviço Nacional de Informação Tóxico-farmacológica, não registrou nenhum caso de intoxicação por produtos odontológicos fluoretados no Brasil. Ao contrário, 80% dos casos de intoxicação por este elemento nos Estados Unidos da América foram atribuídos a produtos odontológicos (DELBEM *et al.* 2003<sup>25</sup>). Mesmo assim, pode ser concluído que o uso de fluoreto em altas concentrações deve estar restrito a uso profissional ou, pelo menos, com acompanhamento profissional.

#### **e.1 Água Fluoretada**

TWETMAN *et al.* (1996<sup>26</sup>) avaliaram a incidência de cárie em relação à presença de *Streptococci* e aplicação de verniz fluoretado (Flúor Protector, Vivacare/Vivadent, 0,1% de fluoreto) em crianças de 4 a 5 anos de idade, sendo dois grupos (A, 448 crianças e B, 389 crianças) em região com baixo teor de fluoreto em água de abastecimento (0,1 mg/L) e um grupo (C, 206 crianças) denominado teor ideal (1 mg/L de fluoreto em água de abastecimento). O estudo longitudinal foi realizado em 2 anos com aplicação de verniz fluoretado nos grupos A e C, sendo que o grupo B não recebeu o verniz. Todas as crianças foram examinadas pelo menos uma vez por ano e receberam informações preventivas e aconselhamento dietético. A prevalência e a incidência de cárie foi avaliada clinicamente por exame visual. Amostras de saliva foram coletadas para avaliar presença de *Streptococci mutans* (unidades formadoras de colônia). A prevalência de cárie foi menor para o grupo C (verniz mais água fluoretada) do que para o grupo A (só verniz) e B (sem verniz e em água fluoretada a baixos teores), sendo que obteve-se 92%, 70% e 67%

de dentes livres de cáries. A presença de *Streptococci* também acompanhou esse comportamento, sendo menor e estatisticamente significativo para C em comparação a A e B. Esta presença mostrou uma correlação positiva para a prevalência de cárie e a presença de microorganismos. Por último, a aplicação semestral de verniz (grupo A) produz uma leve redução de cárie quando comparado ao grupo sem aplicação (grupo B) em regiões com água com baixo teor de fluoreto (0,1 mg/L).

Kuopio é um município da Finlândia que teve sua água fluoretada de 1959 a 1992. A frequência de cárie não foi diferente pouco antes e depois da interrupção da fluoretação a 1,0 mg/L. O teor de fluoreto na água de abastecimento a partir de 1992 era de 0,1 mg/L. O nível de cárie de 1992 a 1998 não aumentou, inclusive foi similar aos índices de Jyväskylä, município usado como referência (água fluoretada naturalmente a 0,1 mg/L). Outro aspecto importante observado é a polarização da doença, onde foi observado que 25% dos jovens de 12 a 15 anos de idade continham mais de 67% das lesões cáries. Este fato também foi observado por outros autores nos Estados Unidos da América e Noruega. Houve também uma redução significativa de aplicação de verniz fluoretado e selantes no período de 1993 e 1998 em comparação ao período de 1990 e 1992. Não houve aumento de cárie a despeito da não fluoretação a 1 mg/L e com redução de aplicação de verniz fluoretado e selante, sendo assim, pode ser concluído que estas técnicas não são necessariamente obrigatórias a todos (SEPPÄ *et al.* 2000<sup>27</sup>).

## **e.2 Soluções e Géis Fluoretados**

DELBEM *et al.* (2003<sup>25</sup>) avaliaram o teor de fluoreto em quatorze soluções de bochecho e nove géis (seis ácidos e três neutros) comercializados para uso profissional. As amostras, em triplicata, foram avaliadas através de potenciometria com íon seletivo. 50% das soluções fluoretadas apresentaram teor acima do valor do rótulo e três delas acima do teor especificado pela ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária).

Um dos produtos de bochecho recomendado para uso doméstico apresentou teor na ordem de 500 mg/L, o que contraria a recomendação da ANVISA, DE 202,5 a 247,5 mg/L de fluoreto. Três dos géis avaliados também apresentaram

discrepâncias, sendo dois superiores e um inferior ao valor do rótulo. Um dos produtos apresentou concentração acima de 20.000 mg/L, enquanto que o recomendado para este produto é de 9.000 mg/L. Estes resultados são preocupantes e podem ser mais graves comparando o potencial de intoxicação, DPT (dose provavelmente tóxica), mostrado no Quadro 1.5 (DELBEM *et al.* 2003<sup>25</sup>). A aplicação tópica de flúor (ATF) realizada com géis utiliza cerca de 5 mL, o que pode atingir níveis da dose provavelmente tóxica (DPT), principalmente em crianças com menos de 20 kg.

**QUADRO 1.5 - CONTEÚDO DE FLUORETO DOS PRODUTOS ODONTOLÓGICOS E A SUA RELAÇÃO COM A DOSE PROVAVELMENTE TÓXICA (DPT)**

Produto	Concentração do F <sup>-</sup>			Quantidade de produto utilizada		Volume de produto em mL para atingir DPT para dada massa de criança	
	NaF, %	F <sup>-</sup> , %	F <sup>-</sup> , mg L	Volume, mL	Massa de F <sup>-</sup> , mg	10 Kg	20 Kg
SBD NaF 0,05%	0,05	0,0226	226	10	2,26	227,4	454,8
SBD F <sup>-</sup> 0,05%	-	0,0500	500	10	5,00	100,0	200
ATF FFA 1,23% (acidulado)	-	1,2300	12300	5	61,50	4,0	8,0
ATF NaF 2% (neutro)	2,00	0,9000	9000	5	45,00	7,7	15,4
ATF 2% de F <sup>-</sup>	-	2,0000	20000	5	100,00	2,5	5,0

SBD: solução para bochecho diário; ATF: aplicação tópica de flúor, FFA: fluoreto fosfato ácido.

**Fonte:** DELBEM, A.C.B.; SASSAKI, K.T.; CASTRO, A.M.; PINTO, L.M.C.P.; BERGAMASCHI, M. **Avaliação do teor de flúor de soluções para bochecho e de géis e o risco de intoxicação aguda.** Rev. ABO Nac. v.11., n.3. p.188-193, 2003.

### **e.3 Verniz Dental**

A prevalência de cárie tem declinado rapidamente nos últimos trinta anos, mas para muitas crianças a prevenção é uma tarefa importante e que consome tempo. Ainda, cáries secundárias e sensibilidade dentinária são comumente relatadas. Assim, o verniz com flúor pode ser útil para evitar essas patologias. O verniz com flúor traz os benefícios do flúor tópico com uma técnica rápida e de fácil aplicação. O fluoreto aplicado reduz a desmineralização e favorece a mineralização. Ele se deposita na superfície dental como fluoreto de cálcio, o qual se dissolve lentamente fornecendo fluoreto para a placa dental e o esmalte. A aplicação de verniz fluoretado reduz a hipersensibilidade pela deposição de fluoreto de cálcio

granular nos túbulos dentinários expostos. Alguns médicos criticam sua prescrição pelo teor elevado de fluoreto no produto (geralmente maior que 22000 mg/l de fluoreto). Por outro lado, apenas uma pequena dose é necessária para a terapia odontológica e sua facilidade de aplicação e adesão são indiscutíveis. O nível de fluoreto no sangue é inferior ao encontrado para uso de gel de fluoreto e fosfato acidulado. O agente ativo é geralmente o fluoreto de sódio a 5%. Essa terapia reduz a incidência de cárie entre 35 e 45% quando aplicado duas vezes por ano, sendo também eficiente para crianças não colaboradoras e onde o selamento é inviável (BLINKHORN e DAVIES, 1998<sup>28</sup>).

O verniz com flúor, por exemplo Duraphat (Woelm – Rorer), é aplicado topicamente para impedir evolução de cárie e dessensibilizar dentina exposta. O Duraphat é composto por fluoreto de sódio (2,26mg), etanol e colofônia. Os íons liberados pelo verniz fluoretado predispõem a deposição de fluorapatita e formação concomitante de reservas superficiais de fluoreto de cálcio. A biocompatibilidade deste material foi avaliada através de implantes subcutâneos em ratos, de modo a recomendá-lo como protetor pulpar em alternativa ao cimento de hidróxido de cálcio, no estudo, o Dycal (Dentsply). O Duraphat foi mais irritante do que o Dycal e o verniz dificultou o processo de reparo quando em contacto com o tecido subcutâneo de ratos (COSTA *et al.* 1996a<sup>29</sup>), o que inicialmente não justificaria seu uso.

COSTA *et al.* (1996b<sup>30</sup>) avaliaram a biocompatibilidade do verniz fluoretado Duraphat aplicado sobre dentina em molares de ratos quando comparado à ação do Dycal (Dentsply). Os dois materiais foram introduzidos como material de forramento em preparos cavitários em primeiros molares superiores de ratos. Um dos materiais foi aplicado do lado direito e outro no lado esquerdo, sendo que os elementos dentários receberam restauração com amálgama. Os animais foram sacrificados em 3, 7, 15, 30 e 60 dias. As maxilas foram fixadas em formaldeído a 10% durante 48 h, descalcificadas em solução de Morce, incluídas em parafina e cortadas em lâminas de 5 µm de espessura no sentido méso-distal. As lâminas foram coradas com hematoxilina e eosina. O Dycal, controle, provocou pequena inflamação observada no 3º dia, sendo que o aspecto era normal nos demais tempos. O Duraphat promoveu discreta reação inflamatória no 3º dia. Ao 7º, 15º e 30º dias houve manutenção do processo inflamatório. A camada odontoblástica foi se organizando com o passar dos dias e a dentina reacional produzida foi progressivamente

mineralizada. Assim, o verniz fluoretado foi um irritante discreto ao tecido pulpar de ratos e pode ser adequado para forramento pulpar devido à sua boa biocompatibilidade e favorecendo o selamento marginal.

PETERSSON e WESTERBERG (1994<sup>31</sup>) dividiram um conjunto de 160 crianças de 11 anos de idade em dois grupos. Essas crianças foram submetidas a dois programas distintos de prevenção com verniz fluoretado Duraphat: Programa Padrão (duas aplicações por ano) e, alternativamente, Programa Intensivo (três aplicações em um intervalo de uma semana em dois períodos do ano). Ambos os grupos também receberam instrução de higiene bucal, informação nutricional adequada e recomendação de usar pasta de dente fluoretada. Não houve diferença significativa de valores médios de lesões cáries para os dois grupos avaliados aos 14 anos de idade. Os mesmos indivíduos foram avaliados aos 17 anos de idade, sendo 50 elementos para o grupo Intensivo e 55 para o grupo Padrão. Neste caso, houve diferença estatisticamente significativa em favor do programa Intensivo. Algumas hipóteses foram levantadas para justificar os resultados. A diferença não observada aos 14 anos de idade e revelada aos 17 pode ser decorrente de um efeito psicológico indireto. Assim, a motivação preventiva reduzia a chance de desenvolvimento da doença cárie. Outros parâmetros foram analisados, como presença de *Streptococci mutans*, prevenção individualizada entre 11 e 17 anos, prevalência de cárie aos 11 anos e grau de instrução dos pais. Esses dois últimos parâmetros também se revelaram importantes. O estudo também comprovou que a reincidência de cárie é freqüente e que existe uma forte correlação do *status* socioeconômico baixo com a presença da doença. Por último, foi relatado que a relação custo/benefício foi adequada para a recomendação da implementação do Programa Intensivo de verniz fluoretado em comparação com o Programa Padrão.

SEPPÄ *et al.* (1995<sup>32</sup>) compararam a eficiência do verniz fluoretado contra o gel com fluoreto e fosfato acidulado (FFA ou APS = “acidulated phosphate system”) em um período de três anos. Um total de 254 crianças com 12 e 13 anos de idade com alta incidência de cárie no seu passado recente foram divididas em dois grupos. Os participantes receberam aplicações semestrais de verniz fluoretado ou gel FFA por 3 anos. O aumento do CPOS (*DMFS*) foi, em média, 3,1 ( $s_x = 3,7$ ) e 3,6 ( $s_x = 4,6$ ). A diferença foi mais evidente nas superfícies proximais, sendo encontrado 1,4 ( $s_x = 2,4$ ) para verniz e 1,9 ( $s_x = 3,1$ ) para gel. Entretanto, essa diferença não foi

estatisticamente significativa. Embora estudos adicionais sejam necessários, os resultados sugerem que o verniz fluoretado é tão efetivo quanto o gel fluoretado, inclusive na prevenção de cáries proximais.

ATTIN *et al.* (1995<sup>33</sup>) estudaram a capacidade de retenção de fluoreto em lesões incipientes de esmalte, esmalte limpo e contendo placa, pelo verniz com fluoreto Bifluorid 12 (NaF 6% / CaCl<sub>2</sub> 6%). As lesões foram produzidas artificialmente com ácido hidroxietilcelulose (pH 4,8, 72h). 40 espécimes foram tratados com verniz contendo fluoreto e 10 espécimes foram usados para medir a linha de base de fluoreto (controle). Cilindros de esmalte desgastados em 200 µm superficialmente (isentos de placa) ou não (com placa) e esterilizados com óxido de etileno foram usados como corpos de prova. Eles foram montados em um aparelho mandibular removível de modo que três peças ficavam do lado esquerdo e outras três do lado direito, sendo ainda uma (correspondendo a cada lado da arcada) para análise imediata e outra (similar a anterior) como linha de base. Cinco pessoas usaram o aparelho e evitaram o uso de produtos fluoretados durante o período experimental. Os espécimes, depois da fluoretação com verniz, revelaram uma densa camada de glóbulos de diferentes tamanhos na superfície do esmalte ao microscópio eletrônico de varredura. O fluoreto superficial foi retirado por lavagem e o adsorvido foi retirado com solução de KOH, sendo analisado por potenciometria de eletrodo de íon seletivo. O teor de fluoreto depositado foi decrescendo com o tempo: imediatamente (355 mg/L, s<sub>x</sub> = 32 mg/L), um dia (104 mg/L, s<sub>x</sub> = 53 mg/L), três dias (95 mg/L, s<sub>x</sub> = 17 mg/L) e cinco dias (57 mg/L, s<sub>x</sub> = 19 mg/L). A combinação fluoreto de cálcio e de sódio favorece a formação do fluoreto de cálcio globular; a literatura relata que esta combinação produz 20 vezes maior adsorção do fluoreto do verniz que com apenas fluoreto de sódio (Duraphat - Bruun e Givskov, 1991; Hellwig e cols., 1989). Assim, o depósito formado é dissolvido e reprecipitado nos cristalitos do esmalte durante a remineralização. O fluoreto adsorvido penetra as camadas do esmalte aumentando seu teor em camadas mais internas, como 30, 60 e 90 µm. Outro dado importante, é que a deposição de fluoreto não foi diferente para a superfície sem placa ou com placa.

TWETMAN e PETERSON (1997<sup>34</sup>) compararam clinicamente a eficácia de verniz contendo clorexidine/timol (Cervitec, representado por VCX) e contendo clorexidine/timol e fluoreto (mistura 1:1 de Cervitec e CerFluor Protect com 1% de

fluoreto, representado por VCX+F) em reduzir o nível de *Streptococci mutans*. Oitenta e duas crianças de 11 a 13 anos de idade com alto escore de *Streptococci* em saliva foram divididas aleatoriamente em dois grupos. A porção interproximal entre pré-molar e primeiro molar recebeu o verniz em duas ocasiões em um período de duas semanas. O verniz foi aplicado com uma pequena escova, depois de limpar com fio dental e secar com o ar. Amostras foram coletadas após 1 e 3 meses da aplicação. Ambas as técnicas tiveram redução de microrganismo interdental comparado a dentes não tratados. Após 3 meses, o VCX+F revelou ser estatisticamente mais eficiente que o verniz não fluoretado. A adição de fluoreto ao verniz bactericida aumentou a eficiência bactericida para períodos longos.

TWETMAN *et al.* (1999<sup>35</sup>) avaliaram a concentração de fluoreto na saliva global e nas glândulas salivares, em separado, depois de tratamento com três vernizes fluoretados: Bifluorid 12 (Voco, 6% de F), Duraphat (Inpharma, 2,26% de F) e Fluor Protect (Vivadent, 0,1% de F). As salivas das crianças entre 10 e 12 anos de idade foram obtidas de modo estimulado ou não. O teor de fluoreto foi medido com uso de eletrodo de íon seletivo nos tempos 0, 1, 6, 12 e 24h. O teor de fluoreto foi tanto maior quanto maior o teor de fluoreto no verniz. O teor de fluoreto presente na saliva total não estimulada aumentou enormemente em 1h depois da aplicação de fluoreto para o Bifluorid (392x maior) e Duraphat (134x). O Fluor Protect apresentou um aumento menos intenso (6,6x). O aumento para saliva total estimulada foi de 131x, 393x e 3,1x, respectivamente. O desvio-padrão para Fluor Protect foi muito elevado para ser considerado significativo. O teor de fluoreto da secreção das glândulas salivares parótidas e do conjunto de glândulas sublinguais e submaxilares foi determinado. O teor foi menor para a secreção das parótidas. O teor de fluoreto retorna aos mesmos níveis após 6h.

### **1.3 MANCHA BRANCA EM CRIANÇAS**

As manchas brancas observadas em esmalte dental, segundo Moller (1966) podem apresentar diferentes etiologias, por exemplo lesões de cárie incipientes, fluorose dental, hipoplasia de esmalte e amelogênese imperfeita (SCHREINER e ROCHA, 2003<sup>36</sup>). A mancha branca pré-cariosa é a lesão prematura do esmalte observável clinicamente. Ela é causada pelo desequilíbrio do processo de desmineralização e remineralização (PROCESSO DES-RE), com preponderância do

primeiro. Isto precede a cavitação e pode ser revertido com terapia com soluções de fluoreto, o qual favorece a remineralização e, portanto, a recomposição do tecido danificado.

A desmineralização é o resultado da perda de íons da hidroxiapatita. A placa bacteriana, que contém microorganismos, *Streptococcus* do grupo *mutans*, *A. viscosus*, *Lactobacillus* sp., produz ácidos orgânicos resultantes do catabolismo de compostos orgânicos presentes na cavidade bucal, principalmente de carboidratos, onde se destaca a *D*-glucose. Os espaços deixados vagos pelos íons perdidos durante a desmineralização são ocupados pela água, a qual pode ser expulsa por jato de ar, o que deixa a região com coloração branca opaca quando comparada com tecido sadio. Clinicamente também pode ser observado um aumento de rugosidade superficial, geralmente de contorno definido, no terço cervical da coroa dental e próximo à gengiva. Esta lesão pode ser confundida com a fluorose, a qual é decorrente de ingestão crônica de excesso de íons fluoreto. Ela pode ser causada pelo consumo habitual de água fluoretada com concentração muito acima de 1 mg/L deste íon. Neste caso, os defeitos causados pela substituição excessiva de hidróxido pelo fluoreto nos cristais da apatita dental provoca opacidade do esmalte. Clinicamente, as manchas são mais brilhantes, generalizadas, difusas, podendo apresentar-se por toda a coroa, produzindo estrias de crescimento e apresentando-se em dentes homólogos. Pode ocorrer em dentes decíduos, mas é mais freqüente em dentes permanentes. A hipoplasia de esmalte e a amelogênese imperfeita são patologias que também podem apresentar aspecto de manchas brancas. A hipoplasia de esmalte é decorrente das alterações estruturais com origem no desenvolvimento anormal do esmalte, seja por alterações hereditárias, sistêmicas ou locais. As alterações hereditárias podem ser decorrentes de alergias congênitas, sífilis congênita, síndrome nefrótica, etc. As alterações sistêmicas podem ser decorrentes de doenças infantis, como difteria, sarampo, escarlatina, febres exantemáticas, tétano, icterícia, deficiências vitamínicas (A, C e D), deficiência de cálcio e fósforo, etc. As alterações locais por trauma podem ser decorrentes de acidente físico com intrusão e infecção radicular do dente decíduo. A amelogênese imperfeita é um defeito transmitido por gene autossômico dominante. A amelogênese imperfeita hipocalcificada é a mais fácil de ser confundida com a lesão resultante da cárie, enquanto que a hipomaturada e a hipoplásica podem ser

confundidas com a doença cárie em evolução, devido ao maior grau de comprometimento. Em qualquer dos casos, o fenômeno é observado em ambos os arcos (SCHREINER e ROCHA, 2003<sup>36</sup>). Assim, pode ser concluído que a cárie pode ser eventualmente confundida com outras patologias, o que torna um outro problema para o profissional.

SCHREINER e ROCHA (2003<sup>36</sup>) avaliaram 300 crianças entre 2 e 10 anos de idade da rede municipal de ensino de São José de Campos, estado de São Paulo. Questionários foram distribuídos a 100 crianças com lesão branca. 34,5% dos alunos com mancha branca são devido a cáries prevalentes, apesar dos dados obtidos mostrarem que 100% faziam escovação dental regular e 76% usavam fio dental. 58% dos alunos afirmaram possuir o hábito de ingerir muito doce, sendo que 62% afirmaram fazê-lo entre as refeições. Clinicamente foi observado que a maioria das crianças apresentavam placa bacteriana, o que sugere que o grupo necessitava de instrução de novas técnicas de higiene bucal e de nutrição. Um total de 42% dos alunos apresentaram fluorose, causada por ingestão de pasta dental e de enxaguatório bucal. 23% apresentaram hipoplasia e 18,5% apresentaram amelogenese imperfeita. Os resultados também mostram que alguns alunos apresentavam lesões brancas de mais de uma origem.

OLIVEIRA e ROSENBLATT (2002<sup>37</sup>) atribuem a Kanchanakanol e cols. (1996) e Lê e cols. (1996) a afirmação de que as alterações na estrutura do esmalte levam à fragilidade do dente e predis põem à formação de sítios que aderem e colonizam bactérias cariogênicas e, conseqüentemente, aumentam a sua suscetibilidade a cáries. Assim, sempre que possível deve ser usado algum agente que reduza as alterações anatômicas que possam favorecer o desenvolvimento da patologia.

#### **1.4 USO DE SELANTE DE CICATRÍCULAS E FISSURAS**

A primeira geração de selantes usada clinicamente era baseada em cianoacrilato produzido por fotopolimerização com luz ultra-violeta. A degradação deste tipo de selante na cavidade bucal, provocada pelo próprio organismo do indivíduo, fez com que outros materiais fossem desenvolvidos. Mesmo assim, estudos realizados com estes selantes em dentes na mesma cavidade bucal revelaram ser promissor esse procedimento. Alguns dentes foram selados e outros não, sendo que os dentes selados tiveram menor prevalência da doença cárie. Os

dimetacrilatos produzidos pela reação de bisfenol A e metacrilato de glicidila (Bis-GMA), que são um híbrido entre um metacrilato e uma resina epóxi, substituíram o cianoacrilato. Essa segunda geração era polimerizada quimicamente, num sistema catalisador-acelerador. A denominada terceira geração, também baseada em Bis-GMA, é polimerizada com luz visível. A recente inovação dos selantes é a adição de fluoreto, o que permite uma ação preventiva periférica. Relatórios clínicos indicam que os selantes à base de Bis-GMA apresentam boas e similares capacidades de retenção independente da forma de polimerização. Os selantes que liberam fluoreto fazem-no com rapidez, mas estudos clínicos devem ser realizados para comprovar a melhoria na inibição de cárie (RIPA, 1993<sup>38</sup>).

ALENCAR e TOMITA (2003<sup>39</sup>) analisaram a efetividade dos selantes de cicatrículas e fissuras utilizados em programas de saúde pública através de revisão de artigos internacionais publicados entre janeiro de 1978 a novembro de 1998 e catalogados pela *Index Dental Literature*. Os estudos foram subdivididos nos seguintes critérios: a) avaliação da efetividade dos selantes em programas de controle de cárie em escolas e serviços de saúde pública, b) estudos longitudinais ou seccionais baseados em planejamentos experimentais ou quase experimentais comparados a um grupo de controle, e c) o indivíduo, em sete artigos, ou o elemento dental, em seis artigos, foram usados como unidade de análise.

O autores da revisão (ALENCAR e TOMITA, 2003<sup>39</sup>) puderam observar que diversos trabalhos avaliados são de revisão da literatura com contribuição para a história da evolução dos selantes e uso desta técnica em programas de saúde bucal. Alguns estudos se ativeram à indicação e avaliação do custo/benefício, enquanto que outros abordam a durabilidade e retenção do selante. A viabilidade de uso deste biomaterial completa os enfoques geralmente abordados. As controvérsias observadas por ALENCAR e TOMITA (2003<sup>39</sup>) nos trabalhos foram para o período máximo de atuação preventiva, que variou de 2 a 8 anos, e uso em selamento de lesões incipientes de cárie. A eficácia do uso de selantes tem sido estimada por diferentes respostas, por exemplo, pela redução de índice de cárie, redução de incremento de cárie e percentual de dentes afetados por cárie durante o período de estudo.

ALENCAR e TOMITA (2003<sup>39</sup>) observaram nestes artigos que as resinas à base de GMA (*Ácido Glicidil Metacrilático*) apresentam adequada retenção no tecido

dental e os protegia. Por exemplo, quanto à eficiência desta terapia preventiva, no trabalho de Selwitz de 1996 foi observado que 20% dos dentes selados apresentavam cárie, enquanto que esta doença atingiu 80% dos dentes não selados. Ainda, a cárie observada em dentes selados geralmente ocorreu em crianças mais jovens, o que pode ser atribuído a dentes parcialmente irrompidos.

ALENCAR e TOMITA (2003<sup>39</sup>) também observaram outras dificuldades de comparação direta, como diferentes metodologias empregadas para diferentes delineamentos, processos de amostragem e intervenção adotada. Por último, diversos métodos preventivos simultâneos foram geralmente adotados, por exemplo, instrução de higiene bucal, profilaxia, uso de fluoreto tópico profissional ou por bochechos, e uso de água de abastecimento fluoretada. Apesar disso, ALENCAR e TOMITA (2003<sup>39</sup>) puderam concluir que o uso de selantes, como parte de uma terapia preventiva, apresentou bons resultados na proteção do dente contra o desenvolvimento da doença cárie. Houve convergência na conclusão de que o uso de selante seja uma terapia eficaz. Ainda, o uso deste biomaterial deveria ser ampliado de modo a que todos os grupos socioeconômicos fossem atingidos.

HASSALL e MELLOR (2001<sup>40</sup>) avaliaram o uso de selante invasivo na prática odontológica na Inglaterra. Este conceito foi introduzido durante os anos 70 e é considerado como um tratamento conservador. Neste caso, é removida a menor quantidade possível de tecido dental e é inserido o selante no preparo. Nesse estudo, 73 cirurgiões-dentistas foram entrevistados em três diferentes regiões, sendo que 59 deles foram entrevistados com detalhes. Destes últimos, 75% utilizaram o selante como técnica invasiva, ou seja, com alguma remoção de tecido dental antes da aplicação do biomaterial. Os cirurgiões-dentistas usavam selante resinoso mais freqüentemente do que o de ionômero de vidro. Os cirurgiões-dentistas que utilizavam o selamento invasivo, justificaram sua escolha por conservar o tecido dental (41%), utilizar uma restauração estética (34%), não utilizar produto com mercúrio (20%), usar ionômero com liberação de fluoreto (18%), combinar restauração com prevenção (18%) ou por ter melhor selamento marginal que o amálgama (9%). Por último, o número de selamentos dentais tem aumentado, o que sugere uma filosofia mais conservadora entre esses cirurgiões-dentistas. Os cirurgiões-dentistas que não utilizam esta técnica (25%), justificam a decisão por considerar que o selante não apresenta bons resultados a longo prazo e consideram

que o amálgama é o melhor material restaurador ou que o uso do amálgama é mais fácil.

### 1.5 PROPRIEDADES E INDICAÇÕES DO SELANTE DENTAL

ARANHA e STRUTZ (1995<sup>41</sup>) levantaram diversas informações da literatura científica sobre o uso de selantes de cicatrículas e fissuras. Os selantes foram desenvolvidos por Cueto e Buonocore em 1965. Este material reduz o habitat de *Streptococcus mutans* e de outros microrganismos cariogênicos. Ele permite uma limpeza mais fácil das regiões com cicatrículas e fissuras. O selante reduz cerca de 70 a 80% da evolução da cárie até dois anos de sua aplicação. O custo da terapia com selante é mais barata do que a restauradora. A composição mais comum é Bis-GMA (bisfenol de metacrilato) sendo polimerizados quimicamente ou por radiação luminosa. Adição de carga, partículas de vidro ou quartzo, aumentam a resistência ao desgaste, mas dificultam o escoamento. Os selantes coloridos facilitam a avaliação de sua integridade. Os selantes não devem ser empregados indiscriminadamente e quando utilizados isoladamente não constituem medida preventiva eficaz. A sua aplicação deve ser cogitada para dentes recém-irrompidos com cicatrículas e fissuras profundas, em pacientes com dificuldade motora e pacientes adultos sob tratamento médico que cause redução do fluxo salivar. O uso sobre cárie incipiente é recomendado, mas é criticado por vários outros profissionais.

A superfície dental dos molares é altamente suscetível a lesões cariosas. A região de fóssulas e fissuras é menos protegida pelo fluoreto presente na cavidade bucal do que as superfícies lisas. O selamento das regiões suscetíveis à cárie pode ser realizado com resina à base de Bis-GMA. A adesão deste material depende do condicionamento ácido, mas também de outros fatores, como limpeza prévia, tempo de condicionamento, concentração e tipo de ácido. O esforço de tracionamento para avaliar a adesão do selante Delton (Dentsply) aplicado à superfície de molares revelou que o condicionamento ácido ( $H_3PO_4$  37%) por 15 ou 30s não apresenta diferença estatística. A profilaxia prévia com pedra-pomes também não melhorou a adesão do selante. Por outro lado, esta adesão foi melhorada quando a limpeza prévia foi realizada com pasta fluoretada ou com jato de bicarbonato de sódio (SOL *et al.* 2000<sup>42</sup>).

MOTA *et al.* (2004<sup>43</sup>) analisaram o emprego de selantes na clínica odontológica em sua revisão bibliográfica. O controle de placa através da conscientização do paciente foi salientado como essencial para o controle da doença cárie. A morfologia da superfície oclusal dos dentes posteriores e a dificuldade de higienização destas superfícies tornam a manutenção da saúde bucal difícil, mas a motivação continuada pode ser uma boa opção para evitar o desenvolvimento da doença nessas regiões. A suscetibilidade e a vulnerabilidade das cicatrículas e fissuras à cárie dental foram enfatizadas. As propriedades físicas, tipos de selantes e indicações foram também discutidas. MOTA *et al.* (2004<sup>43</sup>) atribuem a Basting e colaboradores (1997) a afirmação de que o selante funcionaria como uma barreira física entre o dente e o meio bucal, evitando a deposição de microorganismos e substratos que promoveriam a instalação do processo carioso nessa região.

O sistema de selamento é composto por uma resina líquida, auto ou fotopolimerizável, aplicável à superfície oclusal precedida da técnica de condicionamento ácido convencional. O cimento de ionômero de vidro também tem sido indicado para o selamento de cicatrículas e fissuras devido à sua capacidade de liberação de fluoreto, com propriedades preventivas e terapêuticas (MOTA *et al.*, 2004<sup>43</sup>). Os selantes à base de Bis-GMA são os mais difundidos e podem ser divididos didaticamente em selantes “com carga” e “sem carga”. Segundo Baratieri e colaboradores (1992) também citados, quanto maior o teor de carga, maior será a resistência do material ao desgaste. Por outro lado, quanto menor o teor de carga, maior a fluidez e, portanto, maior capacidade de penetração no esmalte previamente condicionado com ácido. O selante também pode apresentar pigmentação para facilitar a avaliação de integridade do material ao longo do tempo. MOTA *et al.* (2004<sup>43</sup>) relatam que diversos autores salientam que este método deve ser realizado associado a outras medidas, como controle de dieta e hábitos de higiene bucal. Ainda, o selante está aderido à superfície dental por embricamento mecânico, sendo que essa capacidade varia com o tipo de dente e com o tempo de aplicação.

MOTA *et al.* (2004<sup>43</sup>) relataram que Roberts e colaboradores (1984) estudaram a liberação de fluoreto por selantes, mas que estes teores eram muito baixos e não efetivos clinicamente. Além disso, a adição de fluoreto causava perda das propriedades do selante e aumento da rugosidade superficial, o que favoreceria

a instalação de placa bacteriana. Outros autores sugerem novos estudos para melhorar o produto (Corbin e colaboradores, 1990) e melhorar o potencial de liberação de fluoreto (PALMA *et al.*, 1994<sup>45</sup>), o qual volta a níveis normais após uma semana. O desgaste superficial do selante necessariamente não é negativo, pois o fluoreto preso em camadas profundas poderia ser liberado para remineralizar novos tecidos dentais (Sundfeld e colaboradores, 1994). Outro trabalho citado, Amendola e colaboradores (1997), relatou a capacidade de incorporação de fluoreto por selante resinoso, embora com menor intensidade que o cimento de ionômero de vidro, o que também o colocaria na classe de reservatório de fluoreto intra-bucal.

A diferença da filosofia de indicação também foi discutida na revisão de MOTA *et al.* (2004<sup>43</sup>). Por exemplo, Disney e Bohannan (1985) recomendam o selamento de todas as fósulas, cicatrículas e fissuras profundas e com falta de coalescência, as quais são mais vulneráveis à cárie no período de 2 ou 3 anos após irrompimento dental. Toledo (1986) recomenda o selamento em pacientes de baixo risco em dentes recém-irrompidos. Ele também recomenda para pacientes de médio e alto risco, desde que seja revertida a situação bucal. Paula e Toledo (1992) recomendam o selamento de dentes permanentes com 6 anos de idade. Baratieri e colaboradores (1992) recomendam para pacientes com dificuldades motoras e com reduzido fluxo salivar. Ainda, outros autores, por exemplo Freire e colaboradores (1995), recomendam em todos os dentes posteriores permanentes sem evidência clínica de cárie ou restauração. Pimenta e Pimenta (1996) recomendam como método terapêutico na fase de adequação do meio bucal. Outros autores recomendam como última alternativa; quando o controle de dieta, melhoria de higienização e uso de soluções de fluoreto não foram suficientes para controlar a evolução da doença ou evolução de lesões incipientes.

MOTA *et al.* (2004<sup>43</sup>) concluíram em sua revisão bibliográfica que os selantes resinosos promovem maior retenção ao dente, quando comparado ao ionômero de vidro. O tipo resinoso apresenta melhor retenção, atribuído ao melhor embricamento decorrente da grande fluidez. Por outro lado, é relatada menor liberação de fluoreto para o produto resinoso e a inviabilidade de eliminação de umidade no momento da aplicação. De modo geral, os dois materiais podem ser usados, sendo que o resinoso é mais freqüentemente citado.

MOTA *et al.* (2004<sup>43</sup>) também concluíram que os selantes são eficientes na prevenção de cárie dental quando utilizados em conjunto com outras medidas preventivas. Por outro lado, não devem ser usados de forma generalizada, mas, sim, de acordo com a necessidade individual do paciente. Os selantes resinosos apresentam maior retenção que os de ionômero de vidro, mas os últimos são menos invasivos, liberam mais fluoreto e são menos sensíveis à umidade no local de aplicação.

HICKS *et al.* (2000<sup>44</sup>) verificaram na literatura que os selantes são os melhores meios para a prevenção da cárie em cicatrículas e fissuras. Essas regiões anatômicas são de alto risco para crianças, adolescentes e adultos jovens. Em comparação clínica citada, foi observado que a redução de cárie em regiões fissuradas era de 68% para uso de selantes enquanto que para uso de verniz atingiu somente 38%. O selante foi também mais eficiente para superfícies de molares não fissurados, sendo 87% para selantes contra 66% para verniz. Outro exemplo apresentado em estudo de prevalência de cárie em primeiros molares de crianças de 8 a 10 anos de idade apresentou valor de 45% para grupo controle, contra 28% para grupo usuário de verniz fluoretado e 10% para grupo usuário de selantes. Os autores também salientaram que, enquanto a resina do selante oblitera a fissura, a adição de fluoreto cria uma segunda forma de proteção contra a cárie.

PALMA *et al.* (1994<sup>45</sup>) avaliaram clinicamente o teor de fluoreto na saliva de 21 crianças de 7 a 8 anos de idade após aplicação do selante Fluroshield (Dentsply). O selante foi aplicado em 81 molares irrompidos e hígidos, perfazendo 3,9 dentes em média por criança avaliada. Os dentes foram submetidos, em isolamento relativo, a profilaxia com pasta de pedra-pomes, condicionados com ácido em gel ( $H_3PO_4$  50%) por 60s, lavados por 20s e secos. O selante foi aplicado com pincel e fotopolimerizado por 40s. 5 mL de saliva foram colhidos por estímulo mastigatório de um fragmento de garrote. O fluoreto foi medido por potenciometria de íon seletivo usando tampão TISAB III (500 mL  $H_2O$ , 57 mL  $H_3PO_4$  glacial, 58 g de NaCl e 4g de EDTA) na proporção 1:1. A saliva colhida antes do selamento apresentou 0,14 mg/L ( $s_x = 0,03$ ) de  $F^-$ , imediatamente após o selamento apresentou 1,06 mg/L ( $s_x = 0,40$ ) de  $F^-$ . Uma semana depois e duas semanas depois apresentou 0,23 mg/L ( $s_x = 0,05$ ) e 0,16 mg/L ( $s_x = 0,03$ ) de  $F^-$ , respectivamente. Assim, a liberação de fluoreto é alta imediatamente após a aplicação, mas decresce e em duas semanas apresenta

praticamente os valores naturalmente encontrados na saliva. Estes valores foram similares aos encontrados por outros autores (Navarro e cols. 1991), e podem ser benéficos às estruturas adjacentes (Dijkman e Arends, 1992). Assim, este fato reafirma que o selamento contribui para prevenção, mas deve fazer parte de um conjunto de ações preventivas.

GARCIA-GODOY *et al.* (1997<sup>46</sup>) avaliaram a liberação de fluoreto *in vitro* por cinco selantes com fluoreto (Fluroshield da Caulk Dentsply, Helioseal-F da Vivadent, Ultraseal XT da Ultradent, Baritone L3 da Confi-Dent e Teethmate-F da Kuraray) e um sem fluoreto (Delton da Ash Dentsply), usado como referência, por até 30 dias. Amostras em forma de discos foram imersas em 4 mL de água destilada. O teor de fluoreto foi determinado por potenciometria de íon seletivo com TISAB (1:1) após 24 horas. Após a medida, a pastilha foi lavada com 1 mL de água destilada e colocada em novos 4 mL de água destilada para nova análise, sendo repetidas diversas vezes (2, 3, 4, 5, 6, 15 e 30 dias). A maior quantidade de fluoreto liberado ocorreu para imersão em 24 horas. O potencial de fluoreto liberado obedeceu a ordem: Baritone L3 > Fluroshield > Teethmate-F > Helioseal F > Ultraseal XT. O Teethmate-F liberou significativamente mais fluoreto que os demais entre o 2º e 30º dias. A liberação de fluoreto nos dias posteriores é bem menor que para o primeiro dia; depois a redução foi menos drástica.

KOMATSU *et al.* (1994<sup>47</sup>) avaliaram o efeito preventivo de cáries de um selante de ionômero de vidro (Fuji Ionomer Type III, GC Corporation) aplicando-o em 216 molares de 91 crianças entre 4 a 10 anos de idade, sendo 75% entre 5 e 7 anos. 32 destes pacientes foram acompanhados semestralmente por três anos. O coeficiente de retenção calculado foi sendo reduzido com o tempo; 44,6% (6 meses), 28,3% (1º ano), 19,7% (2º ano) e 16,8% (3º ano). A retenção em dentes da maxila foi menor do que os da mandíbula. Um grupo controle de 301 crianças, com 171 molares maxilares e 130 molares mandibulares, foi utilizado para estudo da incidência de cárie. A redução de cárie em um ano foi de 59,4% para dentes maxilares e 88,7% para dentes mandibulares, sendo de 76,1% para o total dos dentes. Ao final dos três anos, a redução de cárie foi de 66,3% para dentes maxilares e 67,2% para dentes mandibulares, sendo 66,5% para o total de dentes. A reaplicação do selante à base de ionômero de vidro deve ser feita regularmente e deve ser considerado como parte do processo preventivo.

WEINTRAUB (2001<sup>48</sup>) concluiu, de sua revisão bibliográfica de 1970 a 2001, que: os selantes de cicatrículas e fissuras são muito eficientes na prevenção da cárie se permanecerem na superfície dental; a variação de eficiência do selante pode ser devido a indivíduos com diferentes potenciais de risco a cárie; há evidências de que o selante previne eficientemente a recidiva de cárie e reduz o custo de tratamentos terapêuticos posteriores; o selamento dental reduz o problema da dificuldade de avaliação de risco elevado ou não ao desenvolvimento de cárie e, apesar dos desenhos experimentais e os diferentes métodos de avaliação de resultados apresentados na literatura, são uma eficiente técnica preventiva.

## 1.6 COMPARAÇÃO DE SELANTES DENTAIS

HICKS *et al.* (2000<sup>44</sup>) avaliaram, em estudo laboratorial, o efeito do selante convencional (Fissurit, Voco) e do selante com liberação de fluoreto (Fissurit-F, Voco) na evolução de lesões similares de cárie de esmalte. Doze molares foram submetidos a profilaxia livre de fluoreto e divididos em quatro partes. Uma preparação cavitária foi realizada na superfície lingual ou vestibular e foi preenchido com selante de acordo com as instruções do fabricante, precedido por condicionamento com gel acidificado ( $H_3PO_4$  a 37%, lavagem por 30s e secagem com ar por 15s). Os espécimes foram submetidos a 500 ciclos de 20s em saliva artificial ( $NaHCO_3$  20mmol/L,  $NaH_2PO_4$  3mmol/L,  $CaCl_2$  20mmol/L, pH 7,00). Verniz resistente a ácido foi colocado ao redor do preparo cavitário proporcionando um exposição de 1mm de margem de esmalte junto ao selante. O espécime foi suspenso na solução de produção da cárie artificial (gel acidificado dializado, pH 4,35, íons cálcio 1mmol/L, íons fosfato 0,6 mol/L e íons fluoreto menor que 0,05 mol/L). A lesão provocada após 6 semanas foi considerada cárie inicial e após 9 semanas cárie instalada. Duas seções longitudinais da lesão foram embebidas com água e analisadas por microscopia com luz polarizada. O fluoreto liberado pelo selante proporcionou redução da lesão de descalcificação. Houve uma significativa redução da profundidade e freqüência da lesão nas paredes dentais. Clinicamente, pode ser afirmado que o fluoreto desorvido pode ser uma proteção adicional das superfícies periféricas do selante. Ele atua como um reservatório que libera gradualmente o fluoreto.

HICKS e FLAITZ (2000<sup>49</sup>) compararam, em estudo laboratorial, um ionômero de vidro modificado com resina (PH-SE, ESPE) e selantes resinosos fluoretados (Helioseal F, Ivoclar). Doze molares foram submetidos à profilaxia livre de fluoreto e divididos em duas porções vestibulo-linguais; uma metade mesial e outra distal. Um preparo cavitário foi realizado na superfície lingual ou vestibular. A cavidade foi preenchida com selante de acordo com as instruções do fabricante. Verniz ácido resistente foi colocado ao redor do preparo cavitário proporcionando uma exposição de 1mm ao redor do esmalte desgastado. A seguir, os espécimes foram imersos em um gel acidificado (gel dializado, pH 4,35, íons cálcio 1mmol/L, íons fosfato 0,6 mol/L e íons fluoreto menor que 0,05 mol/L) por 6 semanas para simular o desenvolvimento de cárie. Duas seções longitudinais da lesão foram embebidas com água e analisadas por microscopia com luz polarizada e fotografadas. Essas imagens foram digitalizadas e comparadas em dez pontos para avaliar os materiais. Microscopia eletrônica de varredura (5kV) foi também usada para avaliar a adaptação dos materiais. As profundidades médias das lesões de descalcificação foram significativamente menores para os selantes resinosos fluoretados. A adaptação à superfície dental dos dois materiais foi boa, embora a literatura relate que a frequência do descolamento do ionômero de vidro seja muito alta. Os autores concluíram que o ionômero protege com maior intensidade as superfícies adjacentes que o resinoso puro. O primeiro também é citado com maior potencial de recarga de íons fluoreto.

LOYOLA-RODRIGUEZ e GARCIA-GODOY (1996<sup>50</sup>) avaliaram laboratorialmente e “in vivo” a atividade antibacteriana de selantes com liberação de fluoreto sobre *Streptococci*. Os autores relataram que muitos cirurgiões-dentistas relutam em usar o selante por um ou mais destes três motivos: a) o uso de água fluoretada das comunidades é o método melhor e mais barato para prevenir a cárie; b) o selamento consome tempo clínico e poderia ser aplicado em outro procedimento; e c) medo de restarem microrganismos dentro da porção selada, o que pode evoluir para a doença cárie. Por outro lado, o uso de água fluoretada por si só não é suficiente e o custo da aplicação de selante é menor que tratamentos restauradores. Os autores também citam que Floriani e cols. (1993) relataram que o condicionamento ácido reduz as bactérias cariogênicas em mais de 95%, embora os dados de redução de microrganismos cariogênicos em dentes selados não sejam

unânicos na literatura. Ainda, o fluoreto liberado poderia reduzir a ação microbiana? Para tal, eles avaliaram o potencial bacteriostático de três selantes: HeliOSEAL (Vivadent), Fluroshield (Caulk) e Teethmate-F (Kuraray). O efeito antibacteriano de discos dos selantes (fotopolimerizados por 40 s) colocados sobre placas inoculadas com *S. mutans* (5 sorotipos distintos) ou *S. sobrinus* (3 sorotipos distintos) foi avaliado. Lembrando que o *Streptococcus mutans* está associado à cárie em cicatrículas e fissuras, enquanto que o *S. sobrinus* está associado a faces não-oclusais. O teor de fluoreto liberado por unidade de massa de selante em 2 mL de água deionizada por 7 dias foi avaliado por potenciometria de íon seletivo. O Teethmate-F foi o único selante que inibiu o desenvolvimento microbiano, sendo que inibiu todas as cepas (sorotipos distintos) testadas. Não houve diferença significativa de inibição para as duas espécies de *Streptococcus* testados. Este selante também liberou mais fluoreto (124 mg/L / mg de selante,  $s_x = 5$  mg/L / mg de selante, p. ex. no sétimo dia) que o Fluroshield (25 mg/L / mg de selante,  $s_x = 2$  mg/L / mg de selante) e HeliOSEAL (não detectado). Assim, o efeito inibitório foi associado à capacidade de liberação de fluoreto do selante Teethmate-F (LOYOLA-RODRIGUEZ e GARCIA-GODOY, 1996<sup>50</sup>).

MLYGIDAKIS e OULIS (2004<sup>51</sup>) compararam dois selantes comerciais aplicados aos quatro primeiros molares de 112 crianças com idade entre 7 e 8 anos, o que perfaz um total de 324 dentes. O Fluroshield (Caulk/Dentsply, com liberação de fluoreto) foi aplicado aleatoriamente em um hemiarco e o Delton (Johnson & Johnson, convencional) em outro lado. Todas as crianças foram avaliadas a cada seis meses dentro de um programa de prevenção bucal que incluía aplicação tópica de flúor e reforço de higienização dental. As superfícies dentais foram limpas e condicionadas com H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 37% por 60s, lavadas por 15s e secas com jato de ar por 30s. Os selantes foram aplicados segundo as instruções dos fabricantes (fotopolimerizados por 30s) e realizados pelo mesmo profissional. Após quatro anos, 77% e 89% dos dentes estavam ainda completamente selados para Fluroshield e Delton, respectivamente, o que foi considerado um sucesso. Ainda, 14% e 6% estavam parcialmente selados, na mesma ordem. Houve desenvolvimento de cárie em 9% e 10% dos dentes, respectivamente, o que revela um insucesso parcial, embora de pequena grandeza. Estes dados confirmaram que outras técnicas de

prevenção e a visita periódica ao cirurgião-dentista são essenciais para evitar a doença.

SUNDFELD *et al.* (1994<sup>52</sup>) avaliaram clinicamente a retenção de selante Fluroshield em 130 dentes posteriores de crianças de 11 a 14 anos de idade. Os elementos dentais foram submetidos a profilaxia com pasta de pedra-pomes, seguido de isolamento absoluto do campo operatório, condicionamento ácido ( $H_3PO_4$  a 37%) por 2 min com simultânea agitação da região com espaçador endodôntico, lavagem e secagem. O selante foi aplicado com sonda exploradora nº 5 (Duflex) e polimerizado, após 10s da aplicação, por 40s. A espera facilitaria a penetração do material às camadas profundas. A avaliação de retenção revelou que 96,2% dos elementos apresentavam adequada retenção. A avaliação de presença de bolhas foi realizada com corante e revelou a presença de bolhas, mas, em alguns casos, houve redução após 6 meses na cavidade bucal. Isto sugere que o desgaste superficial ao longo do tempo expõe camadas mais uniformes. Essas camadas mais internas poderiam fornecer mais íons fluoreto a serem liberados. A pesquisa também envolveu um estudo laboratorial de aplicação deste selante em 16 dentes posteriores recém-extraídos. Os elementos cortados, com disco diamantado, longitudinalmente no sentido vestibulo-lingual foram desgastados com lixa d'água para produzir duas lâminas com 100  $\mu m$ . Os cortes observados em microscópio com luz polarizada revelaram falha em 5 dos 32 cortes totais. Essas falhas parecem não ser importantes devido à possibilidade do biomaterial fornecer fluoreto ao tecido não aderido. Os cortes foram também desmineralizados com  $HNO_3$  (40%). As projeções de resina revelaram ao microscópio ótico (400x) aprofundamento no esmalte na ordem de 20 a 21  $\mu m$ , sendo que no fundo do sulco atingiu 7,4  $\mu m$  em média. Isto sugere que resíduos da profilaxia impedem uma união tão profunda quanto nas camadas mais superficiais. Isto é esperado principalmente para os sulcos em "Y" invertido, quando comparado aos tipos "U" e "V". Mesmo assim, o selante conseguiu uma adesão adequada para sua permanência por 6 meses de uso na grande maioria dos dentes tratados.

SILVA *et al.* (1996<sup>53</sup>) avaliaram clinicamente a durabilidade de um selante resinoso (Fluroshield) e um cimento de ionômero de vidro resinoso (Variglass), sendo 61 e 54 selamentos em pré-molares e molares, respectivamente. O selamento foi invasivo com uso de broca 1190 (KG Sorensen). O preparo prévio foi realizado

através de profilaxia com escova de Robinson contendo pasta de pedra-pomes, condicionamento ácido ( $H_3PO_4$  37%) por 60s, lavagem com água e secagem. Após 12 meses, 97% dos selamentos para o Fluoroshield e 96% para o Variglass estavam inalterados e não houve desenvolvimento de cárie.

VONO *et al.* (1996<sup>54</sup>) realizaram uma comparação clínica similar usando uma amostra de 296 molares. Neste estudo, o selante resinoso (Fluroshield) e um cimento de ionômero de vidro resinoso (Variglass), também aplicados com a técnica invasiva (broca *carbide* FG nº ¼), revelaram ser eficazes quanto à prevenção de cáries dentais. O fluoreto liberado pelos selantes poderia também prevenir as cáries proximais nos molares tratados. Esta hipótese também foi confirmada por esse estudo. Das 84 crianças avaliadas, apenas 10 apresentaram cáries, sendo todas proximais e predominantes nas faces mesiais dos molares inferiores. Apenas 17 lesões cariosas foram observadas de um total de 984 faces não-oclusais examinadas, sendo 9 dentes selados com Fluroshiled e 8 dentes selados com Variglass. O selante resinoso teve um desempenho clínico superior ao cimento de ionômero de vidro resinoso, sendo que foi observada a retenção total de 92,5% e a retenção parcial de 6,5% após dois anos, enquanto que o Variglass apresentou 71,5% e 27,5%, respectivamente. A perda de selante por atrito foi também significativamente menor para o selante resinoso. Assim, a propriedade de recarregar íons fluoreto pelo selante de ionômero e o aparente baixo teor de fluoreto liberado pelos selantes resinosos, atribuído por diversos autores, não pode ser confirmado pelo estudo, pelo contrário o selante resinoso parece ser a melhor opção. Ainda, o selamento por si só não garante 100% de eficiência devendo ser usado juntamente com outras técnicas preventivas associadas.

## 1.7 SÍNTESE DO LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO

Os programas educativo-preventivos são essenciais para evitar as doenças bucais, inclusive a cárie. A detecção da doença cárie na primeira fase clinicamente visível, denominada lesão branca cariosa, geralmente pode ser facilmente distinguida de outras patologias que causam lesão branca e que também são freqüentes, como fluorose, hipoplasia de esmalte e amelogênese imperfeita. No entanto, pode ser mais uma dificuldade encontrada pelo profissional menos treinado. A fase da lesão branca cariosa pode ser revertida com uso de produtos fluoretados,

mas essa fase necessita intervenção imediata para que não evolua para fase de cavitação dos tecidos dentais, onde se torna irreversível. A escovação descuidada e o uso inadequado de fio dental podem criar uma falsa impressão de proteção de desenvolvimento da cárie. Assim, o acompanhamento profissional deve ser continuado e adequado a cada caso.

Os programas preventivos podem ser desenvolvidos em âmbito público ou privado. A escovação é suficiente para melhorar as condições de higiene bucal, mas não altera o tipo de população bacteriana local. O fluoreto pode prevenir o desenvolvimento da cárie. Os alimentos e bebidas consumidos no dia-a-dia geralmente não contribuem como fonte adequada de fluoreto. A fluoretação da água de abastecimento tem sido a principal opção de sua disponibilização. Por outro lado, um dos estudos mostrou que a não fluoretação da água (1 mg/L), a redução da aplicação de verniz fluoretado e a redução de aplicação de selante não alteraram o nível de cárie em uma cidade finlandesa. Este fato pode ser atribuído à cultura preventiva no controle da placa bacteriana daquela população específica. Mesmo assim, neste estudo foi verificada a polarização das cáries, ou seja, a motivação nem sempre é suficiente para atingir toda a população. Assim, a fluoretação de água de abastecimento não pode ser menosprezada.

A aplicação de verniz com flúor é outra técnica complementar para disponibilizar fluoreto ao tecido dental, sendo principalmente recomendado quando não é possível realizar o selamento. Após a aplicação de verniz fluoretado, o teor de fluoreto na saliva aumenta enormemente em 1h, mas retorna ao nível normal após 6 horas. A ação do fluoreto liberado pelos selantes resinosos e pelo cimento de ionômero de vidro se estende por maior período e pode ser escolhido para este fim. O selante cria uma barreira entre o dente e o meio bucal, assim, sua ação depende de sua capacidade de permanecer aderido à superfície dental. A adesão do selante depende do tipo de limpeza prévia, sendo melhor para profilaxia com pasta fluoretada e jato de bicarbonato. A profilaxia com pedra-pomes não aumenta a adesão, bem como não há diferença para condicionamento ácido ( $H_3PO_4$  a 37%) por 15 ou 30s. O selamento de cicatrículas e fissuras, associado ou não a outros procedimentos preventivos, reduz a incidência da doença cárie. Os selantes resinosos apresentam maior retenção, mas são mais sensíveis à umidade local e liberam menos fluoreto que os selantes à base de ionômero de vidro. O selante bem

aplicado pode reduzir drasticamente o desenvolvimento da cárie em crianças, desde que avaliado periodicamente pelo profissional. Este fato independe da liberação ou não de fluoreto em meio bucal.

O uso indiscriminado de produtos fluoretados pode causar danos à saúde. O mais comum é causar a fluorose dental. Essa alteração na estrutura do esmalte torna o dente fragilizado e o predispõe ao desenvolvimento de cárie. Essa doença pode ser evitada desde que seja bem controlada a fluoretação da água de abastecimento, bem como o uso de produtos fluoretados de uso doméstico e profissional.

## 2 OBJETIVO

O objetivo geral deste trabalho foi o desenvolvimento de um biomaterial com potencial liberação de íons fluoreto para prevenção da cárie dental.

Os objetivos específicos foram:

a) avaliar, através de estudo exploratório por MEV-EDS, a composição dos tecidos dentais e, principalmente, se a participação quantitativa do flúor é importante nesta composição tecidual.

b) avaliar a viabilidade de incorporação de íons fluoreto pelos tecidos dentais, a partir de uma solução com 1 mg/L de fluoreto, pela redução de íons fluoreto da solução e por detecção através de MEV-EDS. Ainda, verificar se:

b1) Um condicionamento ácido prévio ( $H_3PO_4$  37%) altera o teor de fluoreto incorporado pelos tecidos externos do dente.

b2) Existe um tempo ideal para condicionamento com gel ácido ( $H_3PO_4$  37%).

b3) O fluoreto é incorporado igualmente pelo cimento e pelo esmalte.

b4) O fluoreto é incorporado na superfície e em camadas profundas dos tecidos dentais.

c) avaliar se algumas bebidas de consumo comum às classes média e alta são importantes fontes de íons fluoreto, o que poderia justificar a menor incidência da doença cárie nesses grupos socioeconômicos.

d) avaliar o potencial de liberação de íons fluoreto por biomateriais odontológicos comerciais, como verniz fluoretado, cimento de ionômero de vidro e selante dental.

e) preparar selantes de cicatrículas e fissuras com diferentes sais de fluoreto e comparar o seu potencial como fonte de íons fluoreto frente a seus equivalentes comerciais e a outros biomateriais liberadores de fluoreto.

## **3 MATERIAIS E MÉTODOS**

### **3.1 OBTENÇÃO E LIMPEZA DOS DENTES UTILIZADOS**

Um terceiro molar cariado e exposto na cavidade bucal de um indivíduo (43 anos de idade) e quatro terceiros molares não expostos na cavidade bucal de outro indivíduo (19 anos de idade) foram utilizados. Os pacientes relataram em suas anamneses que não possuíam alterações sistêmicas que pudessem alterar o desenvolvimento dental. Eles foram extraídos devido à necessidade de restabelecer adequada saúde bucal e doados pelos respectivos clientes através de termo de consentimento. Os dentes foram lavados com soro fisiológico após a retirada dos tecidos moles com cureta de Gracey 5/6 de forma a não danificar os tecidos de interesse. Foram lavados com água, submersos em H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 10 volumes por 15 min para desinfecção, lavados novamente com água, deixados secar e armazenados à temperatura ambiente.

### **3.2 AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE INCORPORAÇÃO DE FLUORETO E DA INFLUÊNCIA DO TEMPO DE CONDICIONAMENTO COM H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 37%**

Os quatro dentes não cariados foram submetidos a condicionamento ácido (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 37%) em diferentes tempos de exposição: 0s, 15s, 30s, e 120s. Após abundante lavagem com água destilada, os dentes foram fixados com cera utilidade em posição horizontal em frascos de polietileno preto. Apenas o hemisfério inferior foi imerso em uma solução 1 mg/L de íons fluoreto (ver Figura 3.1), a qual foi obtida a partir da diluição de uma solução estoque 1000 mg/L (marca HANNA). Os recipientes foram mantidos hermeticamente fechados, sem agitação, à temperatura ambiente (cerca de 20 a 25°C) por 72 horas. O teor de fluoreto foi determinado por potenciometria de íon seletivo.



**FIGURA 3.1** - ESPÉCIMES UTILIZADOS NO ESTUDO DE INCORPORAÇÃO DE ÍONS FLUORETO E NA MEV. a) OBSERVE A LINHA LONGITUDINAL QUE DEFINE A PORÇÃO IMERSA (FOTO ESQUERDA); E b) DENTE PARCIALMENTE IMERSO EM FRASCO COM SOLUÇÃO DE NaF 1 mg/L (FOTO DIREITA).

### **3.3 PREPARO E AVALIAÇÃO DE DENTES POR MEV E EDS**

#### **a. Lâmina de Dente Cariado**

O dente cariado não foi tratado com solução de fluoreto. Ele foi cortado longitudinalmente com disco de carborundo. Esse espécime foi lixado com lixa d'água nº 120, nº 220, nº 500 e nº 600, sucessivamente, de modo a produzir uma lâmina com aproximadamente 1 mm de espessura. Essa lâmina foi utilizada para avaliar o teor dos componentes do tecido dental por MEV-EDS, em nível de 1 para 10000 átomos obtido através de contagens na ordem de centenas.

#### **b. Superfície de Dente Hígido Imerso ou Não em Solução de Fluoreto**

A composição superficial da parte externa e de camadas profundas dos tecidos de dentes imersos em soluções de NaF 1 mg/L (ver item 3.2), do experimento da influência do condicionamento com gel ácido, foi avaliada por MEV (Microscópio Eletrônico de Varredura) equipado com detector EDS (espectroscopia de energia dispersiva). Todos os dentes foram cortados longitudinalmente com disco de carborundo, ver figura 3.2. A superfície cortada foi aplainada com lixa d'água nº 600 de modo a produzir uma boa superfície de contato para análise em MEV-EDS. As superfícies da raiz e do esmalte foram desgastadas com uma broca cilíndrica

inclinada (pequena angulação) de modo a possibilitar o estudo da composição em diferentes profundidades de corte.

### c. Análise por MEV e EDS

As peças foram metalizadas com filme de carbono (30 mA por 80s). A análise morfológica foi realizada por MEV (microscopia eletrônica de varredura) da Philips (Japão) modelo XL30 e a composição química por EDS (espectroscopia de energia dispersiva) modelo DX4 (15 kV).



**FIGURA 3.2** - ESPÉCIMES SECCIONADOS (ESQUERDA) E METALIZADOS (DIREITA) PARA O ESTUDO DE INCORPORAÇÃO DE ÍONS FLUORETO POR MEV-EDS.

### 3.4 PREPARO DE SALIVA ARTIFICIAL

NaCl 0,4 g/L, KCl 0,4 g/L, NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>·H<sub>2</sub>O 0,69 g/L, CaCl<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O 0,77 g/L, uréia 1,0 g/L foram adicionados seqüencialmente em 1L de água deionizada de modo a produzir a denominada saliva normal<sup>55</sup>. Ainda, uma solução foi preparada com o dobro da massa de sal descrita acima e outra com metade da concentração de modo a produzir saliva com o dobro e com a metade da concentração normal.

### 3.5 AVALIAÇÃO DO TEOR DE ÍONS FLUORETO E pH POR POTENCIOMETRIA

O fluoreto pode ser medido quantitativamente por método colorimétrico, por exemplo o método de SPADNS (sodium-2-parasulfophenylazo)-1,8-dihydroxy-3,6-naphtalene disulphonate)<sup>56</sup>, e por método potenciométrico com íon seletivo<sup>22</sup>. O teor

de fluoreto foi determinado em um potenciômetro Hanna mod. HI8521 com uso de um eletrodo de íon seletivo para fluoreto Orion mod. 9609. A diferença de potencial (**ddp**) do eletrodo foi usada para a construção de curva de calibração. Os teores deste íon foram estimados pela equação de calibração.

A ddp da saliva com os diferentes biomateriais liberadores de fluoreto foi medida após 3 min de imersão do eletrodo para estabilização do potencial (procedimento essencial para avaliar teores menores). O teor foi determinado usando curvas de calibração obtidas para cada condição de sal da saliva e de adição de HCl, H<sub>2</sub>O ou NaOH. A ddp da água mineral, bem como dos sucos de frutas (laranja, uva e pêssigo), foi medida utilizando TISAB (1:1), o qual mantém as mesmas condições de pH e força iônica para as amostras e soluções padrões.

As curvas de calibração foram produzidas com pelo menos quatro diferentes concentrações de fluoreto. Os padrões de calibração utilizados apresentavam concentração de 0,00, 0,02, 0,04, 0,06, 0,08, 0,1, 0,2, 0,4, 0,6, 0,8, 1,0, 1,2, 1,4, 2,0, 5,0, 10,0, 20,0, 50,0 ou 100,0 mg/L.

O pH da saliva e das bebidas foi avaliado em potenciômetro Hanna mod. HI8521 acoplado com eletrodo de pH Hanna do respectivo equipamento. A calibração do equipamento foi realizada com soluções tampão pH 4,0 e 7,0 também fornecido pelo mesmo fabricante.

### **3.6 PREPARO DOS CORPOS DE PROVA PARA AVALIAR A LIBERAÇÃO DE FLUORETO**

#### ***a. Verniz Fluoretado***

O verniz Bifluorid 12 da Voco e o Fluorniz da SSWhite foram avaliados neste estudo. As composições destes vernizes não são especificadas pelos fabricantes. O Bifluorid 12 é descrito como um verniz fluorítico composto por resinas sintéticas e apresenta como ingredientes ativos o fluoreto de sódio e o fluoreto de cálcio. O Fluorniz é descrito como um verniz contendo 5% de fluoreto de sódio em uma base adesiva de resinas naturais. Eles foram adquiridos em lojas especializadas em produtos odontológicos em Curitiba, PR. As amostras de Bifluorid 12 pertenciam ao lote 74103, enquanto que as amostras de Fluorniz pertenciam ao lote 00N.

O Bifluorid 12 é mais fluído que o Fluorniz, o qual por ser mais viscoso, produz uma camada maior de verniz. Assim, foi escolhida uma massa média que

recobriria um molar (10-25 mg). O frasco de verniz foi agitado intensamente e o material foi transferido com uma micropipeta do recipiente original para casulos plásticos. Cerca de 20 mg de verniz na concentração inicialmente encontrada na embalagem recém-aberta foram transferidos. O suporte foi pesado, previamente e posteriormente à adição de verniz, em uma balança analítica (0,0001g) para determinar a massa usada. O verniz foi deixado exposto à atmosfera ambiente por 24h para evaporar seu solvente. Os casulos foram cortados de modo a produzir os corpos de prova individualizados.

#### ***b. Cimento de Ionômero de Vidro***

O cimento de ionômero de vidro (CIV) Vidrion R e Vidrion N da SSWhite, bem como Bioglass R da Biodinâmica, foram adquiridos em lojas especializadas em produtos odontológicos em Curitiba, PR, nos anos de 2002 e 2003.

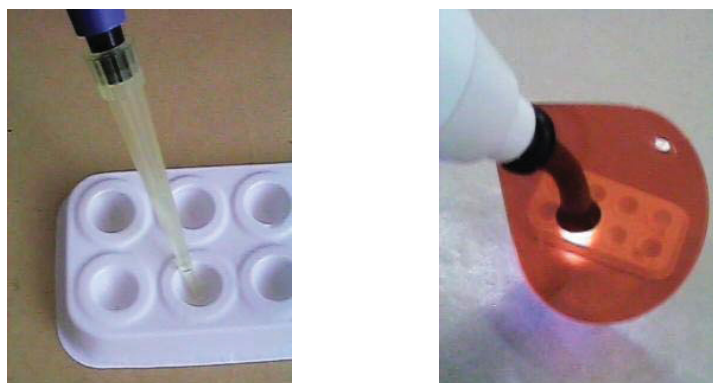
As composições do Vidrion R e Vidrion N não são apresentadas pelo fabricante. A composição do Bioglass R era para o pó: dióxido de silício, dióxido de estrôncio, óxido de alumínio, flúor, pentóxido de fósforo, óxido de bário, monóxido de chumbo e sequóxido de arsênio; para o líquido: ácido poliacrílico e água deionizada.

Porções de CIV, equivalentes à quantidade necessária para uma restauração de classe I em 1<sup>o</sup> molar inferior, cerca de 40 mg, foram preparadas de modo a se obter uma esfera deste biomaterial e foram pesadas em uma balança analítica (0,0001g).

#### ***c. Selante de Cicatrículas e Fissuras***

O selante Fluroshield da Dentsply e o Conseal F da SDI foram utilizados neste estudo. As composições detalhadas dos selantes não são apresentadas pelo fabricante. Eles foram adquiridos em lojas especializadas em produtos odontológicos em Curitiba, PR, nos anos de 2000 e 2001. Alternativamente, foram produzidos selantes protótipos. Um polímero à base de Bis-GMA (bisfenol dimetacrilato) e TEGMA (trietileno éster dimetacrilato), monômeros de dimetacrilato de uretano e aditivos (estabilizantes fenólicos e canforquinona) foram misturados em penumbra com NaF, ou KF, ou MgF<sub>2</sub> ou CaF<sub>2</sub> formando 16,7 g% do total (essa concentração seria equivalente ao que existe no mercado). Caso todo o sal de 100 mg de biomaterial fosse solubilizado nos 15 mL de saliva artificial seria possível obter uma concentração máxima de 504 mg/L para o selante de NaF, 364 mg/L para o de KF,

542 mg/L para o de  $\text{CaF}_2$  e 679 mg/L para o de  $\text{MgF}_2$ . No caso dos últimos dois sais, os valores esperados são extremamente baixos devido a baixa solubilidade dos mesmos em água. 50  $\mu\text{L}$  de selante, equivalente a cerca de 45-60 mg (embora cerca de 1-5 mg sejam usados por dente), foram preparados de modo a se obter semi-esferas de biomaterial sólido. Os selantes foram colocados em casulos plásticos e fotopolimerizados por 40s. O selante foi deslocado do casulo e pesado em uma balança analítica (0,0001g).



**FIGURA 3.3** DETALHE DO PREPARO DE CORPOS DE PROVA DE SELANTE.

### **3.7 AVALIAÇÃO DE LIBERAÇÃO DE ÍONS FLUORETO DO BIOMATERIAL FLUORETADO.**

Os corpos de prova de biomateriais (ver item 3.6) foram colocados em tubos plásticos (15 mL), fechados hermeticamente, contendo 10 mL de solução de saliva artificial. Um planejamento  $3^2$  foi realizado em duplicata para estudar o efeito de adição de  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{HCl}$  ou  $\text{NaOH}$  (100  $\mu\text{L}$  a 0,10 mol/L) e da concentração da saliva artificial (normal, metade ou o dobro de sais da concentração padrão); ver tabela 3.1 e 3.2. Deste modo, duas situações clinicamente importantes poderiam ser avaliadas: a alteração do pH bucal e do tipo salivar. O valor inicial do pH é mostrado na tabela 3.2, o qual cobre situações compatíveis com o estado biológico de saída da saliva da glândula (pH próximo de 7,0) até a acidificação devido ao catabolismo bacteriano. 20 $\mu\text{L}$  de uma solução de  $\text{NaF}$  (F 100 mg/L) foram também adicionados para mimetizar o teor de fluoreto salivar inicial. A concentração liberada de fluoreto foi calculada desprezando o teor deste íon no tempo zero. Os frascos foram submetidos a uma agitação em mesa oscilatória (30 movimentos/min) à temperatura ambiente (25°C). O teor de  $\text{F}^-$  foi determinado nos tempos descritos nos resultados. Os teores

de fluoreto liberados foram inseridos em programas de quimiometria<sup>57</sup> ou Statistica 5.1 para análise das influências dos fatores em estudo.

**TABELA 3.1 - FATORES E NÍVEIS SELECIONADOS PARA O ESTUDO.**

FATOR símbolo	ação	níveis		
		-1	0	+1
H	alteração hidrogeniônica	Adição de HCl	Adição de H <sub>2</sub> O	Adição de NaOH
S	alteração de teor salino	Metade	Normal	Dobro

**TABELA 3.2 - DESENHO EXPERIMENTAL PARA AVALIAR LIBERAÇÃO DE FLUORETO POR BIOMATERIAIS .**

Experimento	Fator H	Fator s	Fator H	Fator s	pH médio inicial
1	-1	-1	HCl	0,5	3,1
2	1	-1	NaOH	0,5	6,9
3	-1	1	HCl	2,0	3,4
4	1	1	NaOH	2,0	5,9
5	0	0	H <sub>2</sub> O	1,0	5,2
6	-1	0	HCl	1,0	3,2
7	1	0	NaOH	1,0	6,4
8	0	-1	H <sub>2</sub> O	0,5	5,5
9	0	1	H <sub>2</sub> O	2,0	5,0

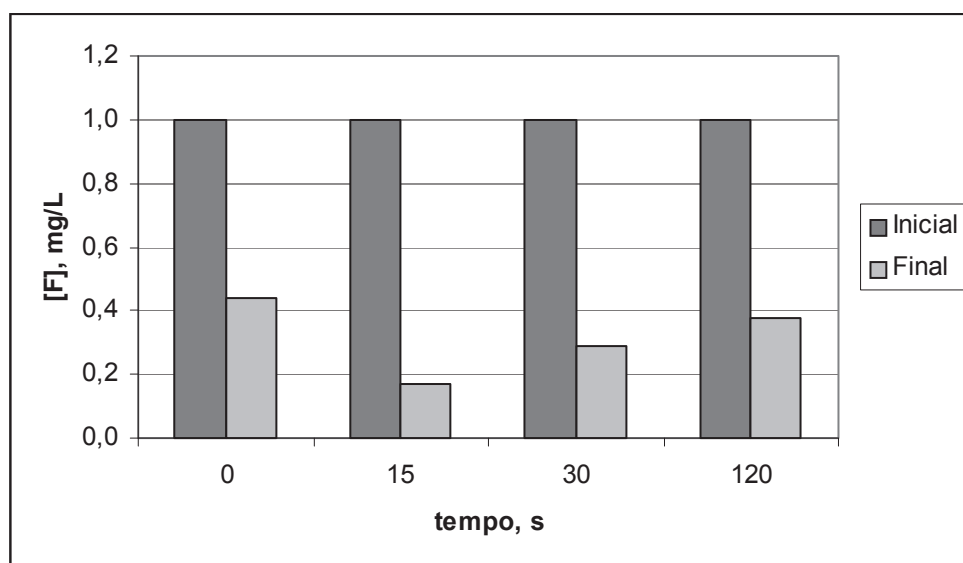


**FIGURA 3.4** IMAGEM DA MESA AGITADORA E DO CORPOS DE PROVA EM DETALHE.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE INCORPORAÇÃO DE FLUORETO E DA INFLUÊNCIA DO TEMPO DE CONDICIONAMENTO COM $H_3PO_4$ 37%

Os dentes imersos em solução de NaF 1 mg/L fizeram com que ocorresse redução do teor inicial de íons fluoreto da solução após 72 horas de imersão; ver figura 4.1. Isto sugere que houve a incorporação destes íons.



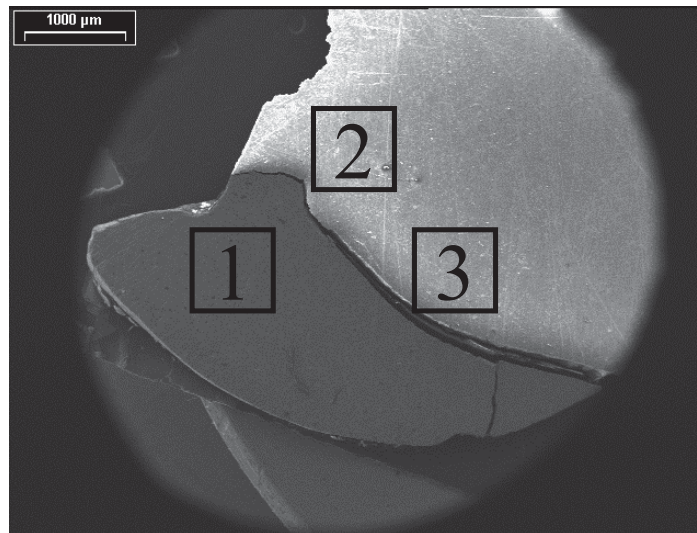
**FIGURA 4.1** - INFLUÊNCIA DO TEMPO DE CONDICIONAMENTO COM GEL ÁCIDO ( $H_3PO_4$  A 37%) NA INCORPORAÇÃO DE ÍONS FLUORETO DE UMA SOLUÇÃO AQUOSA DE NaF A 1 mg/L.

A influência do condicionamento prévio do tecido dental com gel de ácido fosfórico a 37% também pode ser observada. O dente não condicionado adsorveu fluoreto, mas o condicionamento, principalmente a 15s, favoreceu a incorporação deste íon. Isto sugere que o condicionamento disponibiliza maior número de sítios de ligação de íons fluoreto. Por outro lado, o condicionamento em tempo maior possivelmente reduziu os cátions cálcio que poderiam se associar ao fluoreto do meio aquoso, o que se contrapõe ao efeito benéfico inicial.

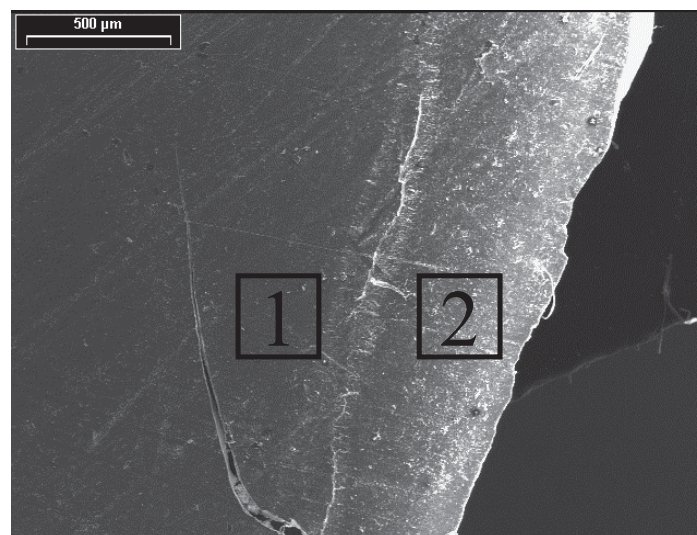
## 4.2 AVALIAÇÃO DA COMPOSIÇÃO DENTAL POR EDS

### 4.2.1 LÂMINA DE DENTE CARIADO

As figuras 4.2 e 4.3 mostram as imagens das superfícies dos cortes dos tecidos dentais na porção coronária e radicular, respectivamente. Uma parte do campo foi selecionada e a composição dental foi determinada por microanálise de EDS.



**FIGURA 4.2** - IMAGEM EM MEV DO CORTE LONGITUDINAL DA PORÇÃO CORONÁRIA DO DENTE COM DOENÇA CÁRIE. 1 = ESMALTE, 2 = DENTINA CARIADA E 3 = DENTINA SADIÁ.

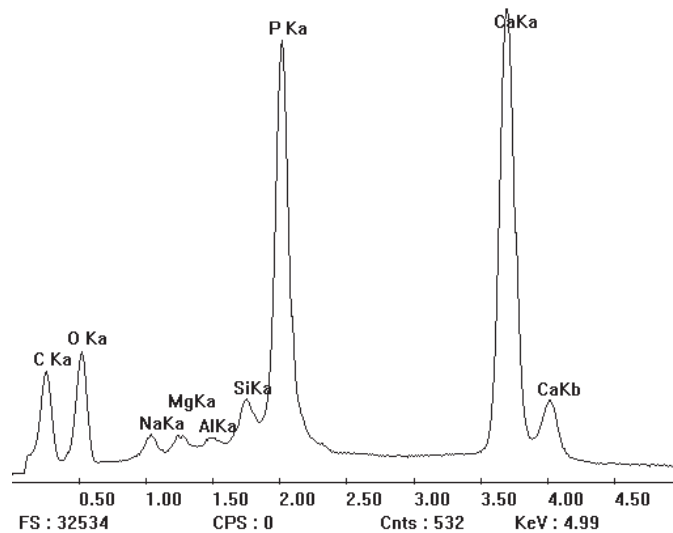


**FIGURA 4.3** - IMAGEM EM MEV DO CORTE LONGITUDINAL DA PORÇÃO RADICULAR DO DENTE COM DOENÇA CÁRIE NA PORÇÃO CORONÁRIA. 1 = DENTINA SADIÁ E 2 = CEMENTO.

A figura 4.4 mostra um espectro típico obtido pelo detector de EDS. Observe que o espectro pode apresentar mais de um pico para cada elemento. Neste caso, o sinal mais importante foi utilizado para a avaliação quantitativa. A partir dos sinais do detector foi calculado o teor de cada elemento, o qual é apresentado na tabela 4.1 (número de átomos em percentual).

Os tecidos dentais mineralizados, mostrados nas figuras 4.1 e 4.2, revelaram que os elementos mais importantes quantitativamente são aqueles encontrados na hidroxiapatita. A hidroxiapatita (HA) apresenta a fórmula química  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ . O único elemento não avaliado foi o hidrogênio, o qual não pode ser detectado devido a uma restrição da técnica analítica.

O carbono está associado à presença de matéria orgânica, como por exemplo as proteínas. O número de átomos de carbono é crescente no sentido esmalte (E), dentina sadia (DS) e cimento (Ce). Este resultado é compatível com o grau de mineralização geralmente atribuído a cada um dos tecidos em seu estado saudável.



**FIGURA 4.4** - ESPECTRO DO ESMALTE DO ELEMENTO DENTAL EM CORTE LONGITUDINAL.

O valor inferior para o teor de carbono da dentina cariada (DC) em comparação ao da dentina sadia (DS), sugere que no campo escolhido e nesta fase de desenvolvimento da doença, existe uma preponderante atividade proteolítica. Assim, a perda da fase inorgânica ocorreria mais lentamente para o meio aquoso e, conseqüentemente, aumentaria o teor de hidroxiapatita. Esta hipótese é reforçada pelo maior teor de cálcio e fosfato para a dentina cariada em relação à sadia. Outra hipótese é que o fenômeno da remineralização poderia ter ocorrido. Por último, pode ter ocorrido uma associação dos dois fenômenos, ação proteolítica e remineralização dental simultaneamente.

O oxigênio pode compor tanto a porção orgânica quanto a inorgânica. Assim, não é possível revelar perfeitamente sua influência.

**TABELA 4.1 - AVALIAÇÃO DA COMPOSIÇÃO DO DENTE EM CORTE LONGITUDINAL POR EDS; NÚMERO DE ÁTOMOS EM PERCENTUAL.**

Elemento nível	Esmalte	Dentina cariada	Dentina	Cemento
C K	3,07	4,02	5,03	6,70
O K	58,31	61,61	63,06	63,04
Ca K	22,51	19,33	17,92	17,05
P K	13,34	11,77	10,94	9,95
Na K	1,35	1,63	1,14	1,64
Si K	0,76	0,69	0,58	0,50
Mg K	0,37	0,66	1,15	0,77
Al K	0,29	0,29	0,18	0,35

A relação teórica Ca/P da hidroxiapatita (HA) é de 1,67 (em número de átomos percentual), embora geralmente valores mais baixos sejam encontrados; entre 1,49 e 1,68 (LAZARRI, 1978<sup>23</sup>). Os valores menores que 1,67 são atribuídos a defeitos cristalinos (uma condição metaestável), pela adsorção de íons fosfato nos cristalitos e/ou pela substituição do Ca<sup>2+</sup> por íons sódio, magnésio e outros íons. O valor dessa relação e de outras em relação ao carbono é mostrado para todos os tecidos na tabela 4.2.

**TABELA 4.2 - RELAÇÃO DOS ELEMENTOS DO DENTE COM MAIORES TEORES DETERMINADOS POR EDS EM CORTE LONGITUDINAL.**

tecido	Ca/P	Ca/C	P/C	O/C
Esmalte	1,687	7,332	4,345	20,068
Dentina	1,638	3,563	2,175	12,536
Dentina cariada	1,642	4,808	2,927	15,326
Cemento	1,714	2,545	1,485	9,409

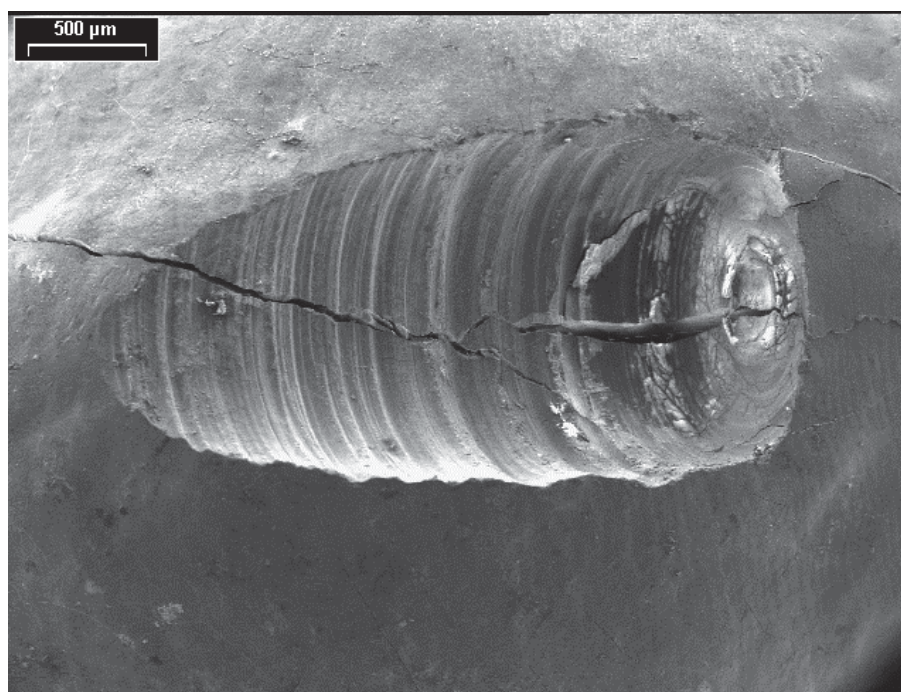
A relação Ca/P para o E (1,687) foi muito próximo do valor teórico para a HA, o que sugere que estes elementos estão essencialmente comprometidos na formação da HA. As demais relações sugerem que o teor de carbono é muito baixo para este tecido. A relação Ca/P para a dentina (1,638) e para a dentina cariada (1,642) são similares, embora seja um pouco maior para o tecido doente. Aparentemente, os íons fosfato são perdidos mais rapidamente que os íons cálcio na evolução da doença, ver a relação P/C. As relações Ca/C e P/C para dentina cariada deixam completamente evidente o processo proteolítico e/ou remineralização proposto acima. A não interrupção imediata da doença permitiu a cavitação e a lesão causada pela doença tornou-se irreversível (THYLSTRUP e FAJERSKOV, 1995<sup>58</sup>). A relação Ca/P para o cimento (1,714) foi a maior verificada. O cálcio neste tecido pode estar presente para facilitar outros processos que não apenas a formação da HA, embora a relação Ca/C seja a menor para o cimento. O maior teor de matéria orgânica para a dentina e para o cimento está de acordo com dados da literatura (BASKAR, 1989<sup>59</sup>).

A presença de outros íons como  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$  e  $\text{Si}^{4+}$  sugere que possam ser incorporados do meio biológico. LAZARRI (1978<sup>23</sup>) relatou intercâmbio iônico dos íons da rede cristalina da apatita. Chumbo, magnésio, estrôncio, hidroxônio e zinco podem substituir o cálcio. Arseniato e vanadato podem substituir o fosfato. Fluoreto, cloreto e carbonato podem substituir o hidróxido. Os cristais de apatita conservam essencialmente a mesma configuração estrutural independente da substituição ocorrida. Por exemplo, a fluorapatita e a hidroxiapatita formam uma solução sólida até um limite de 10% da HA. O carbonato, como carbonatoapatita (CA), pode atingir cerca de 2 a 3% da apatita.

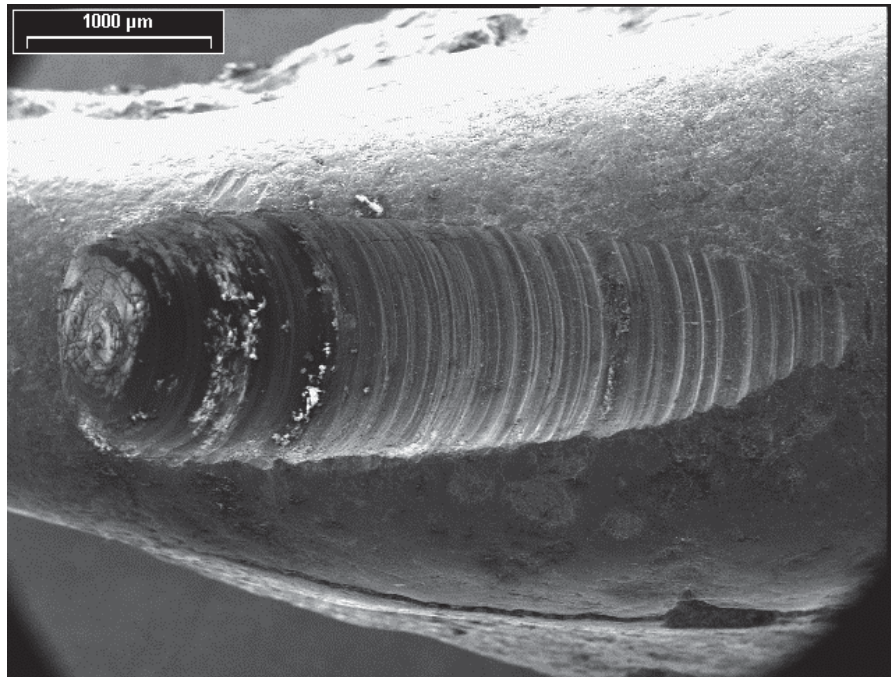
Existe divergência se o carbonato não estaria substituindo o fosfato. Independente de sua posição no cristal é sabido que sua lixiviação é a maior entre as apatitas biológicas ( $FA < HA < CA$ ), ou seja, facilita o desenvolvimento da doença. Ainda, outros íons podem ser adsorvidos na superfície do cristal por atração eletrostática ou podem ser retidos na capa de hidratação fortemente associada ao cristal (LAZARRI, 1978<sup>23</sup>).

#### **4.2.2 SUPERFÍCIE DE DENTES IMERSOS EM SOLUÇÃO DE NaF 1 mg/L**

A Figura 4.5 mostra a superfície dental da porção coronária, ou seja, revestida pelo esmalte. O desgaste produzido por uma broca cilíndrica provocou trincamento do tecido, mas esse fato não prejudicou a análise da composição. Resíduos do tecido desgastado, bem como da broca, também podem ser observados em alguns casos, mas a seleção do campo limpo viabilizou a análise química correta. O desgaste da porção radicular (Figura 4.6) não provocou as fraturas observadas no caso anterior (Figura 4.5). A camada de cemento sendo pequena é facilmente desgastada e expõe a dentina.



**FIGURA 4.5** - IMAGEM OBTIDA POR MEV PARA AVALIAÇÃO DA COMPOSIÇÃO DA COROA DENTAL EM DIFERENTES PROFUNDIDADES.



**FIGURA 4.6** - IMAGEM OBTIDA POR MEV PARA AVALIAÇÃO DA COMPOSIÇÃO DA RAIZ DENTAL EM DIFERENTES PROFUNDIDADES.

O teor de carbono no esmalte foi menor na camada superficial do que na camada interna (Tabela 4.3). O teor de oxigênio foi muito menor na camada superficial. O teor de cálcio e de fósforo foi maior na camada superficial. Esses resultados mostram uma mineralização externa maior, o que confirma a importância do processo de remineralização.

A raiz teve um comportamento oposto (Tabela 4.3). O teor de carbono foi maior na camada superficial, enquanto que o teor de cálcio e fósforo foram mais ricos na camada interna. O teor de oxigênio foi similar para as duas camadas, sendo levemente maior na superficial. O menor grau de mineralização da superfície da raiz pode explicar o desenvolvimento mais rápido da cárie radicular do que a coronária, bem como a erosão causada pela escovação dental vigorosa.

Sódio, silício e magnésio foram detectados em todas as camadas (Tabela 4.3), sendo que o cloro foi detectado na camada superficial da coroa. A proporção baixa destes elementos sugere que suas presenças sejam decorrentes de contaminação dos cristais de hidroxiapatita.

**TABELA 4.3 - ANÁLISE POR EDS DA COMPOSIÇÃO DO DENTE SUBMETIDO A CONDICIONAMENTO ÁCIDO POR 15s E IMERSO EM SOLUÇÃO DE NaF 1 mg/L.**

Elemento nível	Esm 0	Esm -+	Raiz 0	Raiz -+
C K	4,12	4,50	6,90	5,49
O K	53,82	66,40	66,80	66,10
Ca K	25,50	16,50	12,50	15,68
P K	14,36	9,40	7,90	9,59
Na K	0,90	1,60	1,90	1,50
Si K	0,80	0,60	0,80	0,70
Mg K	0,20	1,00	0,80	1,00
Al K	0,00	0,00	0,30	0,00
F K	0,30	0,00	2,10	0,00
K K	0,00	0,00	0,00	0,00
Cl K	0,40	0,00	0,00	0,00

O flúor foi detectado na coroa e na raiz, mas somente na camada superficial, o que confirma a incorporação de fluoreto da solução a 1 mg/L. A ausência de flúor nas camadas mais profundas revela uma limitada capacidade de difusão deste íons, apesar de seu tamanho reduzido, para camadas mais internas. O cimento incorporou mais flúor que o esmalte, o que clinicamente confirma sua eficiência no tratamento de sensibilidade dental.

A relação Ca/P da coroa foi superior ao da raiz. A relação Ca/P da coroa foi levemente superior ao valor teórico da HA (1,67). Essa relação foi levemente menor para a camada interna da raiz, enquanto que para a camada superficial foi muito menor.

**TABELA 4.4 - RELAÇÃO DOS ELEMENTOS DO DENTE COM MAIORES TEORES, DETERMINADOS POR EDS, NA RAIZ E NA COROA SUBMERSAS EM SOLUÇÃO DE NaF 1mg/L.**

Tecido	Ca/P	Ca/C	P/C	O/C
Raiz superficial	1,582	1,812	1,145	9,681
Raiz interna	1,635	2,856	1,747	12,040
Coroa superficial	1,776	6,189	3,485	13,063
Coroa interna	1,755	3,667	2,089	14,756

A composição da coroa não imersa em solução de fluoreto foi analisada em três níveis de profundidades diferentes para avaliar maiores detalhes do tecido não fluoretado (ver Tabela 4.5).

**TABELA 4.5 - ANÁLISE POR EDS DA COMPOSIÇÃO DO ESMALTE DENTAL NÃO IMERSO EM SOLUÇÃO DE NaF 1 mg/L EM TRÊS CAMADAS DIFERENTES.**

Elemento nível	0	-+	++
C K	3,40	3,19	3,20
O K	64,36	66,67	67,80
Ca K	18,42	17,27	16,70
P K	11,51	10,38	10,00
Na K	1,20	1,40	1,20
Si K	0,60	0,70	0,70
Mg K	0,20	0,40	0,40
Cl K	0,30	0,00	0,00

O teor de carbono foi praticamente constante. O teor de oxigênio foi levemente maior para camadas mais internas do que a superficial. Os teores de cálcio e de fósforo foram maiores na superfície. Mais uma vez, a preponderância da mineralização externa faz com que seja confirmada a importância do fenômeno de remineralização para a manutenção da saúde dental. Sódio, magnésio e cloro foram detectados, sendo o último apenas na superfície. Não foi detectada a presença de fluoreto.

### **4.3 AVALIAÇÃO DE FONTES DE FLUORETO EM ALGUMAS BEBIDAS CONSUMIDAS DIARIAMENTE.**

#### **4.3.1 ÁGUA MINERAL**

O teor de fluoreto nas amostras de água mineral avaliadas variou entre 0,1 e 0,9 mg/L (ver tabela 4.6).

**TABELA 4.6** - TEOR DE FLUORETO E POTENCIAL HIDROGENIÔNICO DE DIFERENTES MARCAS DE ÁGUA MINERAL COMERCIALIZADAS NA REGIÃO DE CURITIBA.

	Marca	V, mL	Lote	Supermercado	F, mg/L (rótulo)	F, mg/L	pH
1	OURO FINO	500	784-E	BIG	ni	0,6	7,2
2	OURO FINO	200		CONDOR	ni	0,8	7,8
3	PETRÓPOLIS PAULISTA	500		WAL MART	0,03	0,6	5,8
4	PETRÓPOLIS PAULISTA	500		WAL MART	0,03	0,5	5,7
5	NESTLÉ PURE LIFE	500		BIG	0,17	0,6	6,3
6	NESTLÉ PURE LIFE	500		WAL MART	0,17	0,6	6,3
7	NESTLÉ PURE LIFE	500		WAL MART	0,17	0,9	6,1
8	ACQUA – SADIA	350	5069-A	WAL MART	ni	0,7	7,3
9	ACQUA – SADIA	350	5075-A	WAL MART	ni	0,3	7,4
10	PRATA	510		WAL MART	0,23	0,4	6,3
11	PRATA	510		WAL MART	0,23	0,3	6,4
12	LEVÍSSIMA	510		CONDOR	0,04	0,1	6,7
13	LEVÍSSIMA	510		BIG	0,04	0,1	6,6
14	LEVÍSSIMA	200		WAL MART	0,04	0,1	6,4
15	VITTALEV	510		BIG	0,072	0,1	7,6
16	VITTALEV	310		WAL MART	0,072	0,1	7,3
17	VITTALEV	310		WAL MART	0,072	0,1	7,3
18	ITA'Y	500		WAL MART	ni	0,1	7,3
19	ITA'Y	500		WAL MART	ni	0,1	7,1
20	FRATELLI VITA	510		WAL MART	ni	0,1	7,1
21	FRATELLI VITA	510		WAL MART	ni	0,1	7,1
22	GREAT VALUE	200		WAL MART	0,04	0,1	7,6
23	GREAT VALUE	200		WAL MART	0,04	0,1	7,5
24	GENUÍNA LINDÓIA	510		WAL MART	ni	0,2	7,1
25	GENUÍNA LINDÓIA	510		WAL MART	ni	0,1	6,9
26	MACERATTI	502	0 33	CONDOR	0,124	0,1	6,8
27	MACERATTI	502	0 33	CONDOR	0,124	0,1	6,9
28	MINALBA	500		BIG	ni	0,1	7,3
29	SCHINCARIOL	1000	140232	CONDOR	0,038	0,2	7,2

ni = não informado

Alguns rótulos não revelavam o teor de fluoreto. Os teores informados geralmente foram próximos aos valores observados. As diferenças observadas podem ser atribuídas à solubilização de outros extratos de minérios mais ricos em fluoreto durante a permeação de água nas camadas da terra. O pH destas amostras variou entre 5,7 e 7,8. Todos os valores foram superiores ao pH crítico de desmineralização da hidroxiapatita, pH 5,5. A variação de pH pode ser atribuída à diferença de componentes salinos nas diferentes marcas. A predominância de íons sódio ( $\text{Na}^+$ ) e potássio ( $\text{K}^+$ ) em relação a contra-íons derivados de ácidos fortes, por exemplo cloreto ( $\text{Cl}^-$ ) e sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), proporcionam um pH mais alcalino e vice-versa.

#### 4.3.2 SUCO DE LARANJA

O teor de fluoreto nas amostras de suco de laranja avaliadas variou entre 0,1 e 0,9 mg/L, sendo que a grande maioria das amostras apresentou valores menores que 0,2 mg/L (ver Tabela 4.7).

**TABELA 4.7** - TEOR DE FLUORETO E POTENCIAL HIDROGENIÔNICO DE DIFERENTES MARCAS DE SUCO DE LARANJA COMERCIALIZADAS NA REGIÃO DE CURITIBA.

	Marca	V, mL	Lote	Supermercado	F, mg/L	pH
1	Del Valle	1000	L5/K2	BIG	0,1	3,4
2	Del Valle	1000	L5/K2	BIG	0,1	3,6
3	Big	1000	B01304Z	BIG	0,1	3,3
4	Big	1000	B03103L	BIG	0,4	3,2
5	Santal	1000	194102	BIG	0,1	3,9
6	Santal	1000	194259	BIG	0,1	3,7
7	Mais	1000	A0919	BIG	0,3	3,8
8	Mais	1000	A0919	BIG	0,2	3,8
9	Su fresh	1000	SLA0022QA7	BIG	0,1	3,9
10	Su fresh	1000	SLA0022QA7	BIG	0,1	3,8
11	Maguary	200	040503A1	BIG	0,9	3,5
12	Maguary	200	040503A1	BIG	0,6	3,5
13	Maguary Light	200	040406B1	BIG	0,1	3,6
14	Maguary Light	200	040406B1	BIG	0,1	3,6
15	Purity	200	26025	BIG	0,1	3,7
16	Purity	200	26025	BIG	0,1	3,7
17	Kapo	200	0116P	BIG	0,1	3,1
18	kapo	200	0116P	BIG	0,1	3,2

Os valores elevados, observados no suco Maguary, sugerem que estudos detalhados posteriores devam ser realizados. Essa diferença atribuída a falha experimental foi descartada, bem como a perda de sensibilidade do eletrodo, em estudos específicos de avaliação do eletrodo (Silva<sup>60</sup>). O pH destas amostras variou entre 3,1 e 3,9. Esses valores são sensivelmente menores que o pH crítico (5,5), o que sugere potencial de desmineralização do esmalte provocado pelo consumo desta bebida.

#### 4.3.3 SUCO DE UVA

O teor de fluoreto nas amostras de suco de uva avaliadas variou entre 0,1 e 0,8 mg/L, sendo que a maioria é menor que 0,6 mg/L (ver Tabela 4.8). Assim,

embora tenha sempre sido detectado íons fluoreto, o teor geralmente foi muito abaixo de 1mg/L, o que o incapacita de contribuir na formação de apatita fluoretada.

**TABELA 4.8** - TEOR DE FLUORETO E POTENCIAL HIDROGENIÔNICO DE DIFERENTES MARCAS DE SUCO DE UVA COMERCIALIZADAS NA REGIÃO DE CURITIBA.

	<b>Marca</b>	<b>V, mL</b>	<b>Lote</b>	<b>Supermercado</b>	<b>F, mg/L</b>	<b>pH</b>
1	Great Value	1000	A21EA503	Wal Mart	0,3	3,0
2	Great Value	1000	A21EA502	Wal Mart	0,4	3,1
3	Del Valle Light	335	248-3	Big	0,3	3,1
4	Del Valle Light	335	142-4	Big	0,2	3,4
5	Del Valle Light	1000	L3F2	Big	0,2	3,1
6	Del Valle	1000	L4/G2	Wal Mart	0,3	3,2
7	Del Valle	1000	L4B1	Big	0,3	3,1
8	Rayzes	1000	00104P	Wal Mart	0,3	3,2
9	Rayzes	1000	00104P	Wal Mart	0,2	3,3
10	Maguary	1000	4010702	Wal Mart	0,2	3,3
11	Maguary	1000	040127A1	Big	0,1	3,6
12	Maguary Light	1000	040614B1	Wal Mart	0,1	3,7
13	Maguary Light	1000	040614B1	Wal Mart	0,1	3,7
16	Maguary Light	1000	030919C	Condor	0,4	3,3
17	Su Fresh	330	SUV0030	Big	0,5	3,4
18	Su Fresh	1000	SUV0033QB5	Condor	0,2	3,4
19	Kapo	200	10642P110204	Condor	0,5	3,4
20	Kapo	200	11231P020104	Condor	0,4	3,4
21	Santal Parmalat	200	B	Condor	0,7	3,3
22	Santal Parmalat	200	B	Condor	0,6	3,3
23	Ma+s	200	D0806	Condor	0,4	3,4
24	Ma+s	230	F0780	Big	0,4	3,4
25	Purity Cocamar	200	30015	Big	0,6	3,4
26	Purity Cocamar	200	30015	Condor	0,8	3,4
27	Ma+s Light	230	F0331	Big	0,4	3,3
28	Ma+s Light	1000	A0618	Condor	0,6	3,3
29	Big	1000	B040.03P	Big	0,2	3,5

O pH destas amostras variou entre 3,0 e 3,7. O pH deste suco apresentou acidez similar ao suco de laranja.

#### **4.3.4 SUCO DE PÊSSEGO**

O teor de fluoreto nas amostras de suco de pêssigo avaliadas variou entre 0,0 e 0,2 mg/L, ou seja, todos os teores observados são praticamente desprezíveis. O pH destas amostras variou entre 3,2 e 4,4. Assim, não é uma fonte de íons fluoreto e também apresenta pH que favorece a desmineralização dental.

**TABELA 4.9** - TEOR DE FLUORETO E POTENCIAL HIDROGENIÔNICO DE DIFERENTES MARCAS DE SUCO DE PÊSSEGO COMERCIALIZADAS NA REGIÃO DE CURITIBA.

	Marca	V, mL	Lote	Supermercado	F, mg/L	pH
1	Su fresh light	1000	SPE0014LQB5	Condor	0,1	4,1
2	Su fresh light	1000	SPOO17LQB2	Condor	0,1	4,1
3	Su fresh	1000	SP0061QB3	Condor	0,1	4,2
4	Su fresh	1000	SP0061QB3	Condor	0,0	4,2
5	Tampico	450	L159	Condor	0,0	3,3
6	Tampico	450	L159	Condor	0,1	3,4
7	Bitz	350	1005-1	Pão de Açúcar	0,1	3,4
8	Bitz	350	1005-1	Pão de Açúcar	0,1	3,4
9	Tial	250	0317P	Condor	0,1	4,4
10	Tial	250	0317P	Condor	0,1	4,3
11	Del Valle light	200		Condor	0,2	3,2
12	Del Valle light	200	L2D	Condor	0,1	3,3
13	Maguary light	200	040319D1	Condor	0,1	3,7
16	Maguary light	200	040319D1	Condor	0,0	3,7
17	Maguary	200	0201L2	Condor	0,1	3,7
18	Maguary	200	0201L2	Condor	0,1	3,7
19	Purity	200	29023	Condor	0,1	3,4
20	Purity	200	29035	Condor	0,1	3,6
21	Purity light	200	35018	Condor	0,1	3,5
22	Purity light	200	35018	Condor	0,1	3,5
23	Del Valle	335	331-3	Condor	0,2	3,6
24	Del Valle	335	331-3	Condor	0,2	3,7
25	Dell Valle Kids	200	L2P	Condor	0,1	3,5
26	Dell Valle Kids	200	L2P	Condor	0,1	3,7

#### 4.4. AVALIAÇÃO DA LIBERAÇÃO DE FLUORETO POR VERNIZES FLUORETADOS.

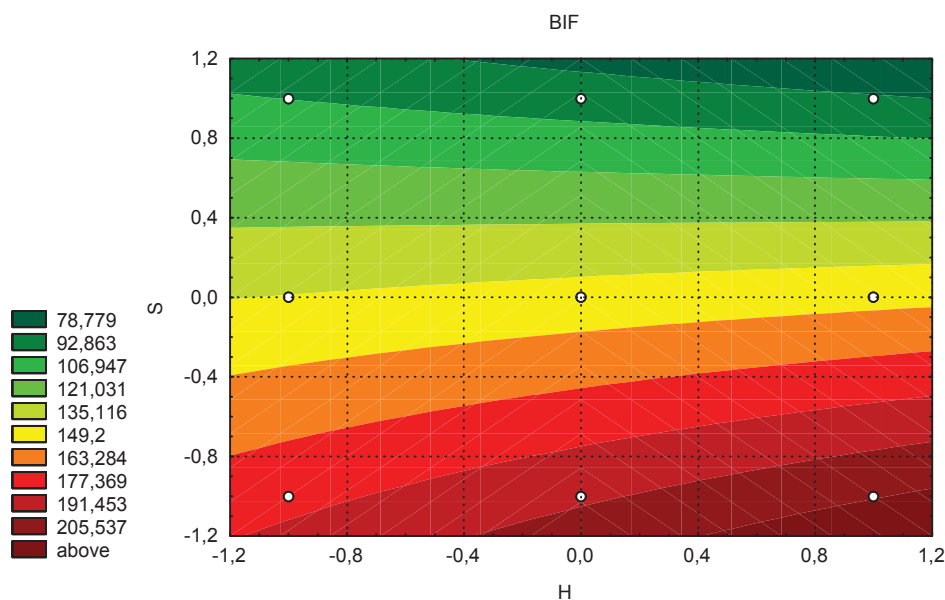
##### 4.4.1 VERNIZ FLUORETADO BIFLUORID 12

O teor de fluoreto liberado pelo verniz fluoretado Bifluorid 12 variou de 67,90 a 202,60 mg/L para cada 100 mg de biomaterial, ver Tabela 4.10. O desvio padrão do experimento para cada condição realizada em duplicata, o qual pode revelar a grandeza do erro experimental, foi geralmente muito pequeno; exceto para a condição descrita no experimento 6. Mesmo assim, esse valor é muito menor do que o menor grau de liberação obtido no estudo, o que leva à confiabilidade dos resultados experimentais.

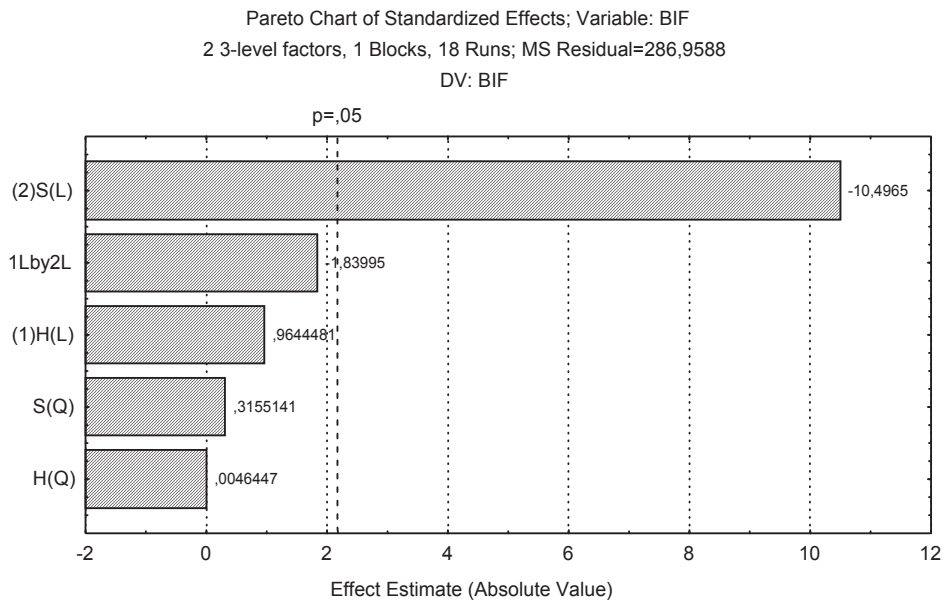
**TABELA 4.10** - TEOR DE FLUORETO DESSORVIDO PELO VERNIZ BIFLUORID 12 APÓS 3 HORAS DE IMERSÃO NA SALIVA ARTIFICIAL.

Experimento	Fator H	Fator s	[F] médio, mg/L/100mg	s
1	-1	-1	161,50	0,71
2	1	-1	202,60	7,28
3	-1	1	97,33	9,94
4	1	1	93,90	9,22
5	0	0	145,42	1,77
6	-1	0	142,32	23,13
7	1	0	133,39	9,74
8	0	-1	202,55	20,41
9	0	1	67,90	1,54

A superfície de resposta de liberação do fluoreto para o verniz Bifluorid 12 é mostrada na Figura 4.7, bem como o gráfico de Pareto correspondente na Figura 4.8. O teor de sais foi o único fator estatisticamente significativo para descrever os resultados obtidos, como pode ser observado pela linha a 0,05, a qual limita o grau de significância a 95% (Figura 4.8). Ele é representado por (2)S(L) ou fator número dois que é representado por **S** e descrito como modelo linear (ou seja, do tipo  $[F] = a+b \cdot S$ ). A superfície de resposta revela que o maior teor de fluoreto desorvido ocorre para menores teores de sais, ou seja saliva mais diluída ou rica em água.



**FIGURA 4.7** - TEOR DE FLUORETO DISPONIBILIZADO PELO VERNIZ COMERCIAL BIFLUORID 12 EM mg/L PARA 100 mg DE BIOMATERIAL, SENDO H (-1 PARA ADIÇÃO DE HCL, 0 PARA H<sub>2</sub>O E +1 PARA NaOH) E S (TEOR DE SAIS NA SALIVA ARTIFICIAL, ONDE É -1 PARA A METADE DO TEOR, 0 PARA O TEOR NORMAL E +1 PARA O DOBRO DO TEOR).

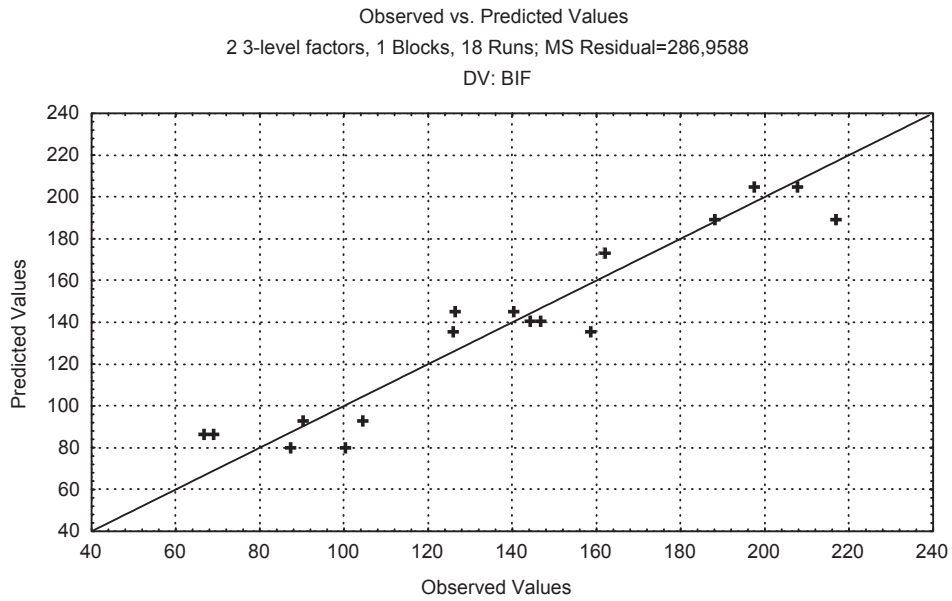


**FIGURA 4.8** - GRÁFICO DE PARETO DOS EFEITOS PADRONIZADOS PARA O VERNIZ BIFLUORID 12. A LINHA  $p=0,05$  ( $,05$ ) DELIMITA OS EFEITOS IMPORTANTES, OS QUAIS APARECEM À DIREITA.

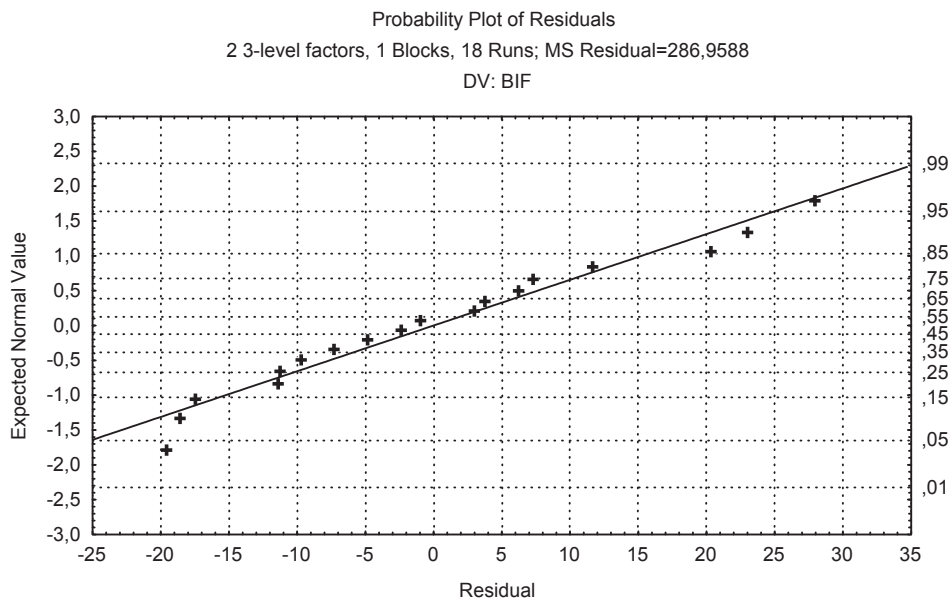
Outra forma utilizada neste estudo para avaliar a qualidade dos resultados experimentais obtidos foi a comparação dos teores experimentais com os teores previstos. Os teores são previstos através de equação matemática com os valores calculados para os fatores mostrados no gráfico de Pareto (Figura 4.8). O gráfico da distribuição dos valores experimentais e previstos para a liberação de fluoreto para o verniz Bifluorid 12 foi construído e é mostrado na Figura 4.9.

Observe que os pontos estão dispostos próximos à reta de previsão. Apesar de uma certa dispersão, não existe grande conflito. Por último, um gráfico que distribuiu os erros (denominados resíduos ou “residual”) foi construído para avaliar a influência dos fatores considerados não importantes (Figura 4.10). O gráfico de resíduos para o Bifluorid 12 tem os pontos dos resíduos próximos à reta, o que não desqualifica os dados. Assim, é possível concluir que apenas um fator é importante, o teor de sais na saliva, e não foram detectados erros experimentais grosseiros.

A mesma filosofia de análise será empregada para a avaliação dos demais biomateriais, sendo que sempre foi avaliado a importância dos fatores para modelos lineares, para modelos quadráticos e para a interação linear dos mesmos.



**FIGURA 4.9** - GRÁFICO DE VALORES OBSERVADOS E PREVISTOS PELO MODELO MATEMÁTICO PARA O VERNIZ BIFLUORID 12. QUANTO MAIOR A PROXIMIDADE DOS PONTOS, MELHOR A QUALIDADE DO MODELO.



**FIGURA 4.10** - GRÁFICO ENTRE RESÍDUO (“RESIDUAL”) VERSUS A DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES PARA DISTRIBUIÇÃO NORMAL APRESENTADOS NA FORMA LOGARÍTMICA (ESQUERDA POR MATEMÁTICA E DIREITA POR GRÁFICO ESPECIAL).

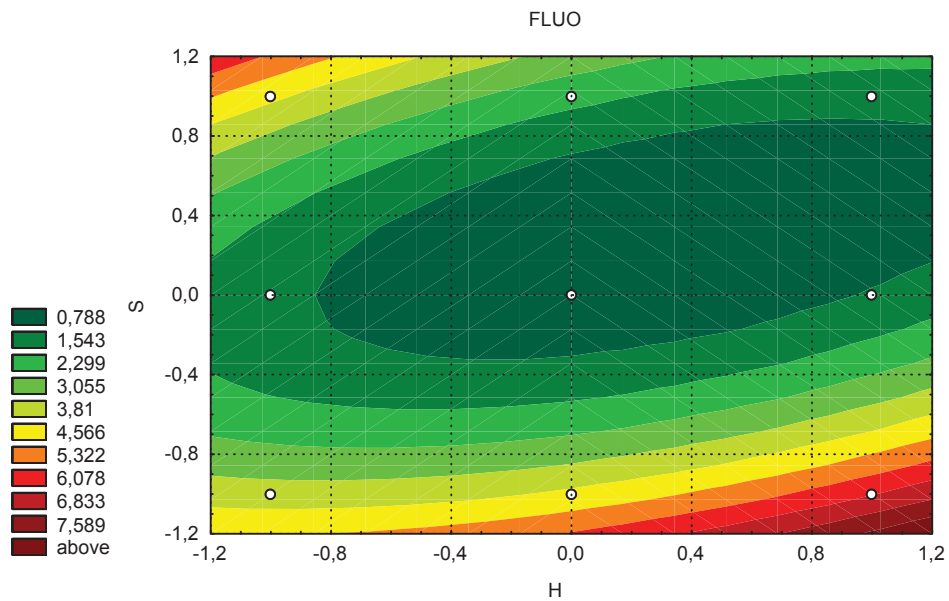
#### 4.4.2 VERNIZ FLUORETADO FLUORNIZ

O teor de fluoreto liberado pelo verniz fluoretado Fluorniz variou de 0,435 a 6,218 mg/L para cada 100 mg de biomaterial, ver Tabela 4.11. O teor médio de fluoreto liberado pelo verniz Bifluorid 12 foi cerca de 50 vezes maior do que o teor disponibilizado pelo verniz Fluorniz. A superfície de resposta da liberação é mostrada na Figura 4.11, bem como o gráfico de Pareto correspondente na Figura 4.12. O teor de sais, para modelo linear [(2)S(L)] e quadrático [(2)S(Q)], revelou-se importante, observe a linha 0,05 (Figura 4.12). A interação entre os dois fatores [1Lby2L], teor de sais e alteração hidrogeniônica, revelou-se importante. Este fato é contrário à regra empírica de que os efeitos de grau superior, onde a combinação de dois fatores lineares é um dos casos, só são importantes se forem derivados de efeitos também importantes. Assim, para que o fator [1Lby2L] (também representado por HS) fosse importante, os fatores primários lineares correspondentes [(1)H(L) e (2)S(L)] também deveriam ser importantes. No caso, alteração hidrogeniônica não foi importante. Por outro lado, esta é uma regra empírica e que pode não ser seguida para fenômenos complexos. No entanto, deve ser tomada maior atenção para com a qualidade dos resultados.

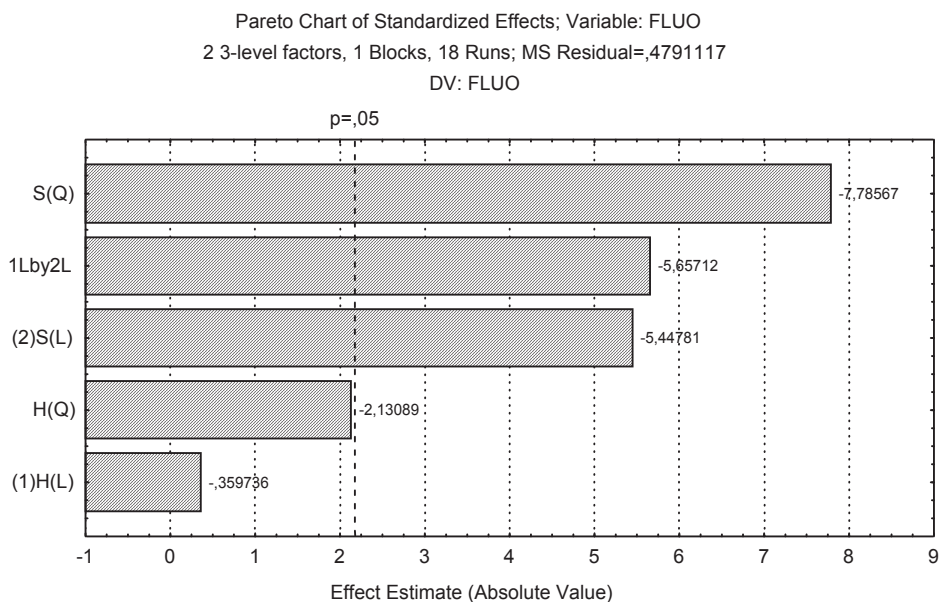
A dispersão dos valores previstos e experimentais não foi grande (Figura 4.13), mas o gráfico dos resíduos sugere algum comportamento sistemático (Figura 4.14). Assim, esses resultados devem ser considerados com cuidado e recomenda-se estudos adicionais para melhor compreensão dos fenômenos envolvidos.

**TABELA 4.11** - TEOR DE FLUORETO DESSORVIDO PELO VERNIZ FLUORNIZ APÓS 3 HORAS NA SALIVA ARTIFICIAL.

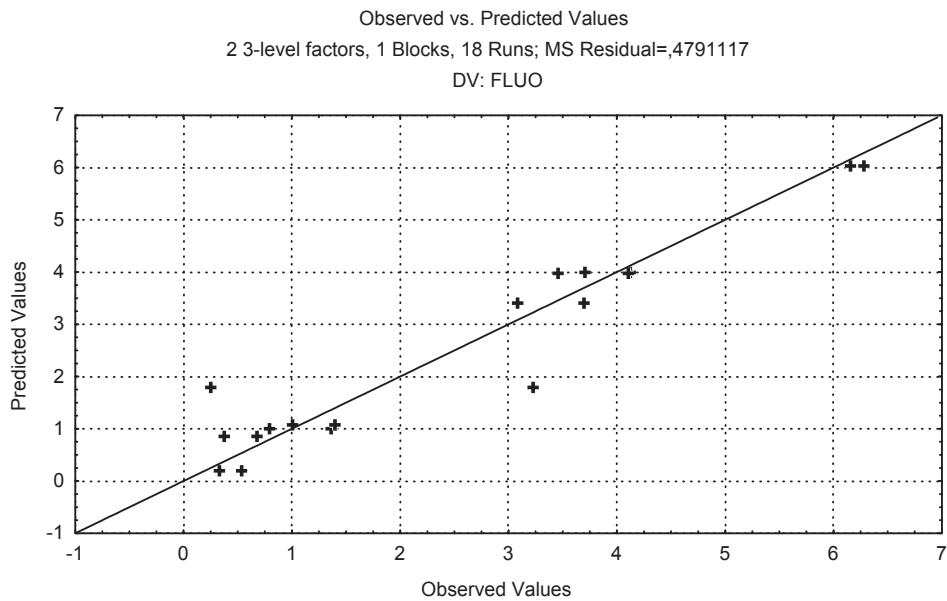
Experimento	Fator H	Fator s	[F] médio, mg/L/100mg	s
1	-1	-1	3,391	0,44
2	1	-1	6,218	0,09
3	-1	1	3,916	0,30
4	1	1	1,205	0,28
5	0	0	0,435	0,14
6	-1	0	1,077	0,40
7	1	0	0,530	0,21
8	0	-1	3,782	0,46
9	0	1	1,739	2,10



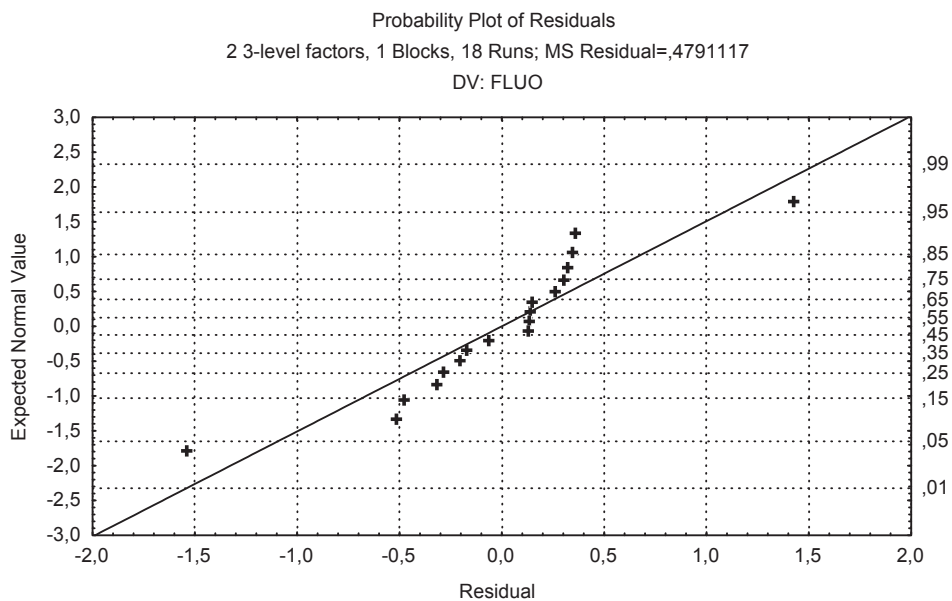
**FIGURA 4.11** - TEOR DE FLUORETO DISPONIBILIZADO PELO VERNIZ COMERCIAL FLUORNIZ EM mg/L PARA 100 mg DE BIOMATERIAL, SENDO **H** (-1 PARA ADIÇÃO DE HCL, 0 PARA H<sub>2</sub>O E +1 PARA NaOH) E **S** (TEOR DE SAIS NA SALIVA ARTIFICIAL, ONDE É -1 PARA A METADE DO TEOR, 0 PARA O TEOR NORMAL E +1 PARA O DOBRO DO TEOR).



**FIGURA 4.12** - GRÁFICO DE PARETO DOS EFEITOS PADRONIZADOS PARA O VERNIZ FLUORNIZ. A LINHA  $p=0,05$  (,05) DELIMITA OS EFEITOS IMPORTANTES, OS QUAIS APARECEM À DIREITA.



**FIGURA 4.13** - GRÁFICO DE VALORES OBSERVADOS E PREVISTOS PELO MODELO MATEMÁTICO PARA O VERNIZ FLUORNIZ. QUANTO MAIOR A PROXIMIDADE DOS PONTOS, MELHOR A QUALIDADE DO MODELO.



**FIGURA 4.14** - GRÁFICO ENTRE RESÍDUO (“RESIDUAL”) VERSUS A DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES PARA DISTRIBUIÇÃO NORMAL APRESENTADOS NA FORMA LOGARÍTMICA (ESQUERDA POR MATEMÁTICA E DIREITA POR GRÁFICO ESPECIAL).

## 4.5 AVALIAÇÃO DA LIBERAÇÃO DE FLUORETO POR CIMENTOS DE IONÔMERO DE VIDRO.

### 4.5.1 CIMENTO DE IONÔMERO DE VIDRO VIDRION R (VIDR)

O teor de fluoreto liberado pelo cimento de ionômero de vidro Vidrion R variou de 9,53 a 29,35 mg/L para cada 100 mg de biomaterial, ver Tabela 4.12. O desvio padrão das amostras, em duplicata, revelou valores com boa concordância.

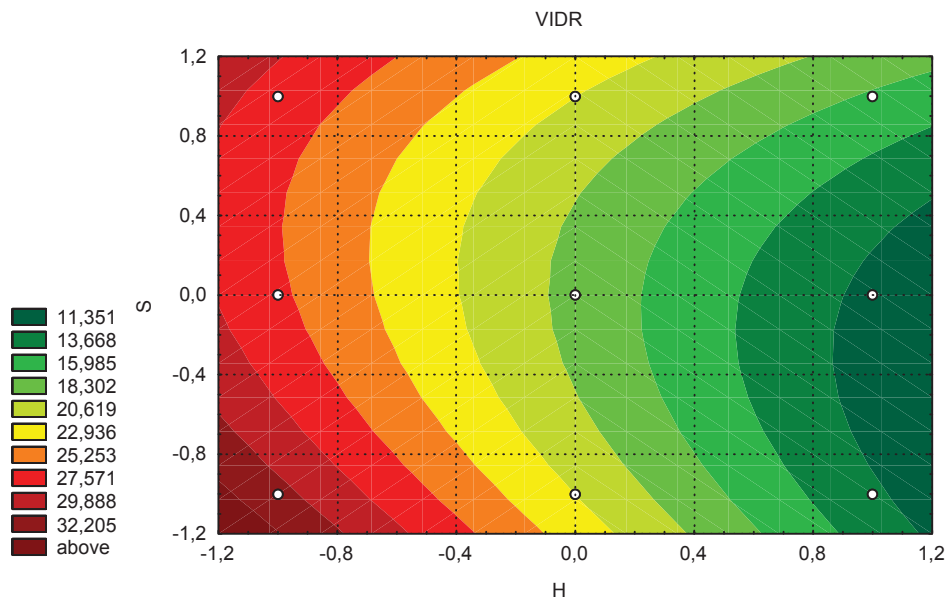
**TABELA 4.12** - TEOR DE FLUORETO DESSORVIDO PELO CIMENTO DE IONÔMERO DE VIDRO VIDRION R APÓS 96 HORAS NA SALIVA ARTIFICIAL.

Experimento	Fator H	Fator s	[F] médio, mg/L/100mg	s
1	-1	-1	28,58	3,85
2	1	-1	9,53	1,46
3	-1	1	29,35	0,81
4	1	1	18,10	1,01
5	0	0	18,37	3,65
6	-1	0	25,07	0,31
7	1	0	10,57	4,19
8	0	-1	24,82	2,03
9	0	1	15,65	0,47

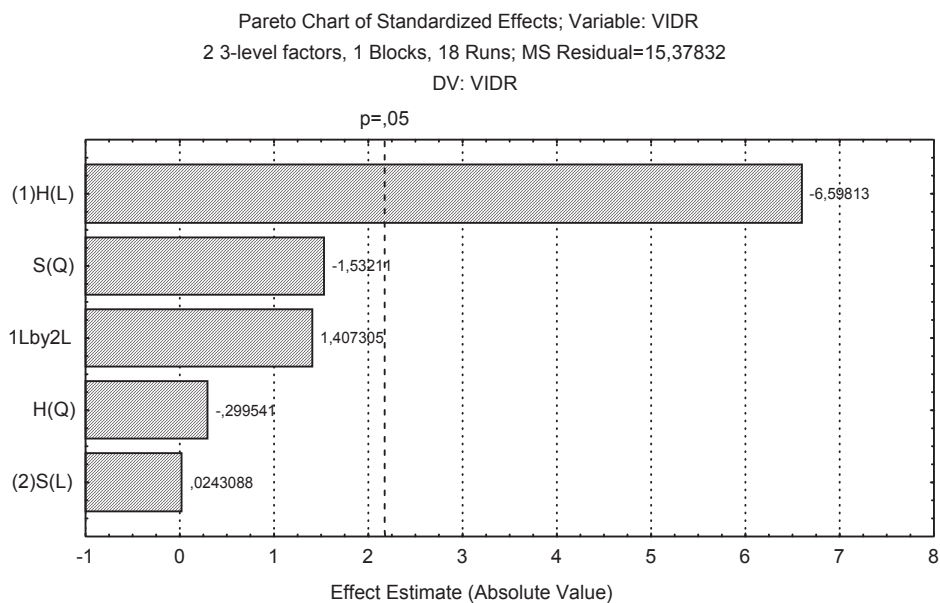
A superfície de resposta de liberação de fluoreto deste cimento (Vidrion R), mostrada na figura 4.15, revelou que os teores maiores de fluoreto liberados ocorrem para adição de HCl, ou seja, para menor pH (maior teor hidrogeniônico). Isto simula a situação biológica de produção de ácidos pela microbiota bucal. Assim, o fluoreto liberado poderia remineralizar o tecido dental, sendo que ocorre uma liberação mais intensa nos períodos mais críticos para a saúde dental.

O gráfico de Pareto, ver Figura 4.16, demonstrou que apenas o fator de alteração hidrogeniônica em modelo linear [(1)H(L)] influenciou significativamente a liberação de íons fluoreto, como pode ser observado pela linha a 0,05, a qual limita o grau de significância a 95%.

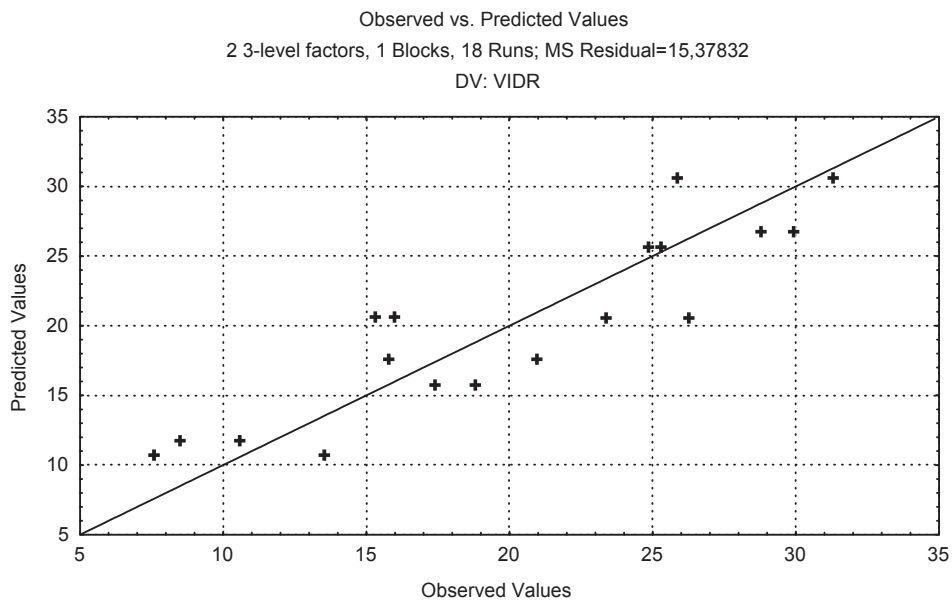
O modelo matemático obtido não conseguiu concordância muito boa entre os pontos experimentais e observados. A tendência foi respeitada, mas a dispersão dos pontos em volta da reta do modelo foi grande.



**FIGURA 4.15** - TEOR DE FLUORETO DISPONIBILIZADO PELO CIMENTO VIDRION R EM mg/L PARA 100 mg DE BIOMATERIAL, SENDO **H** (-1 PARA ADIÇÃO DE HCL, 0 PARA H<sub>2</sub>O E +1 PARA NaOH) E **S** (TEOR DE SAIS NA SALIVA ARTIFICIAL, ONDE É -1 PARA A METADE DO TEOR, 0 PARA O TEOR NORMAL E +1 PARA O DOBRO DO TEOR).

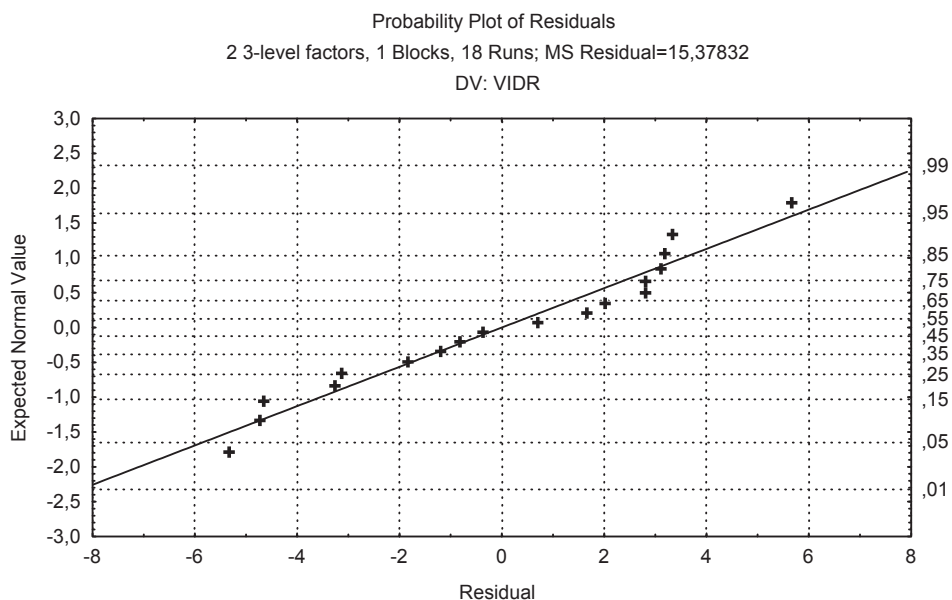


**FIGURA 4.16** - GRÁFICO DE PARETO DOS EFEITOS PADRONIZADOS PARA O CIMENTO VIDRION R. A LINHA P=0,05 (,05) DELIMITA OS EFEITOS IMPORTANTES, OS QUAIS APARECEM À DIREITA.



**FIGURA 4.17** - GRÁFICO DE VALORES OBSERVADOS E PREVISTOS PELO MODELO MATEMÁTICO PARA O CIMENTO VIDRION R. QUANTO MAIOR A PROXIMIDADE DOS PONTOS, MELHOR A QUALIDADE DO MODELO.

Os resíduos, erro não previsto pelo modelo, revelaram uma distribuição normal boa, o que pode ser atribuído à falta de ajuste e não ao erro experimental. Assim, o comportamento talvez seja mais complexo que o descrito pelo modelo matemático obtido, o que explicaria o baixo poder de precisão.



**FIGURA 4.18** - GRÁFICO ENTRE RESÍDUO (“RESIDUAL”) VERSUS A DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES PARA DISTRIBUIÇÃO NORMAL APRESENTADOS NA FORMA LOGARÍTMICA (ESQUERDA POR MATEMÁTICA E DIREITA POR GRÁFICO ESPECIAL).

#### 4.5.2 CIMENTO DE IONÔMERO DE VIDRO VIDRION N (VIDN)

O teor de fluoreto liberado pelo cimento de ionômero de vidro Vidrion N variou de 0,05 a 9,00 mg/L para cada 100 mg de biomaterial, ver Tabela 4.13. Estes valores foram muitos menores que os verificados para o Vidrion R. O desvio padrão das amostras, em duplicata, revelou valores com boa concordância, exceto para o experimento tipo 7 (1,0).

A superfície de resposta de liberação de fluoreto deste cimento, mostrada na figura 4.19, revelou que os teores maiores ocorrem para maiores teores de sais.

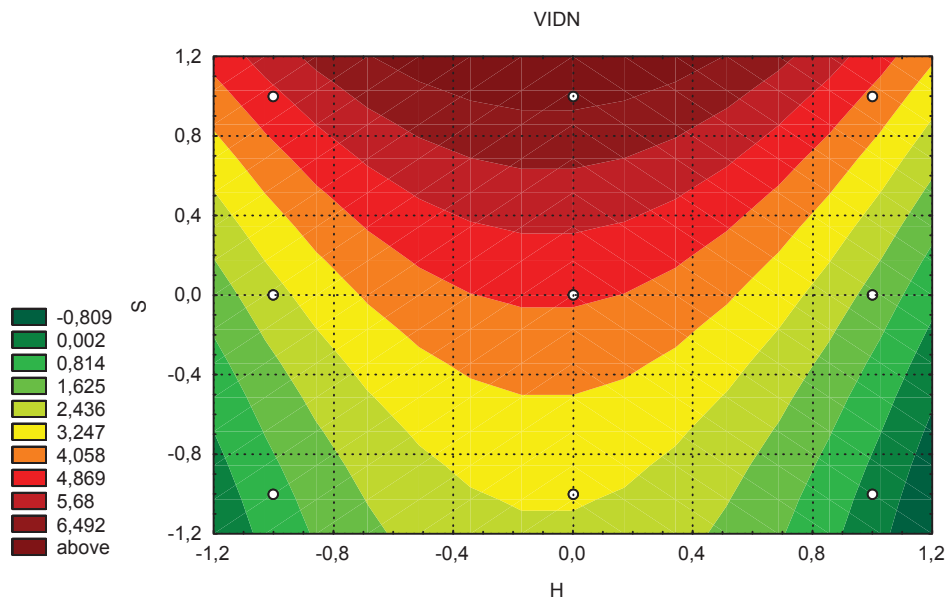
O gráfico de Pareto, ver figura 4.20, confirmou a importância do teor de sais, mas também revelou a importância da alteração hidrogeniônica (em ordem quadrática) para a liberação de fluoreto deste biomaterial.

O modelo matemático revelou uma concordância satisfatória entre os resultados experimentais e teóricos, mas alguns pontos não foram bem previstos (Figura 4.21).

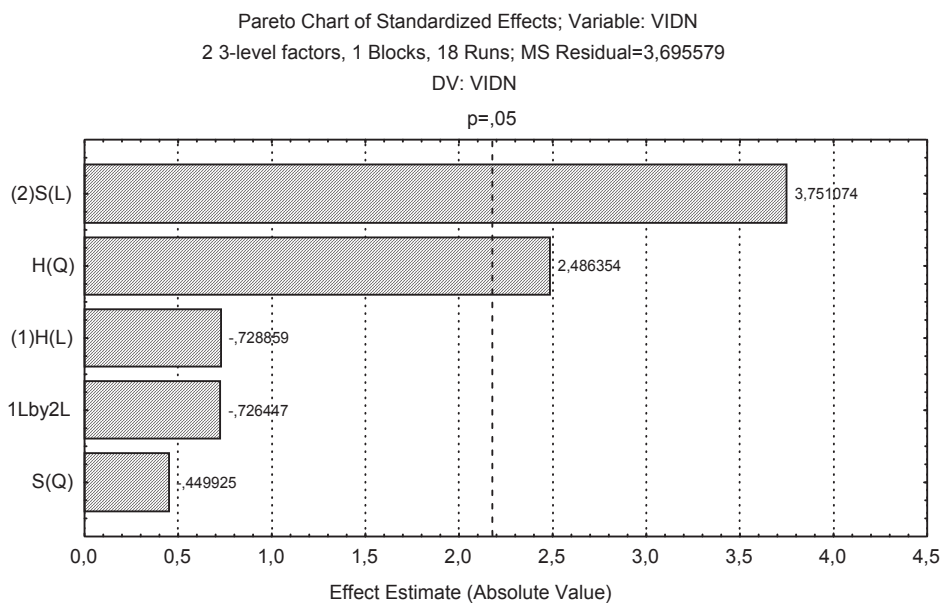
O gráfico dos resíduos, mostrado na Figura 4.22, também revelou uma distribuição normal satisfatória, mas aparentemente existe contribuição de erro experimental devido a certa tendência de distribuição não aleatória.

**TABELA 4.13** - TEOR DE FLUORETO DESSORVIDO PELO CIMENTO DE IONÔMERO DE VIDRO VIDRION N APÓS 96 HORAS NA SALIVA ARTIFICIAL.

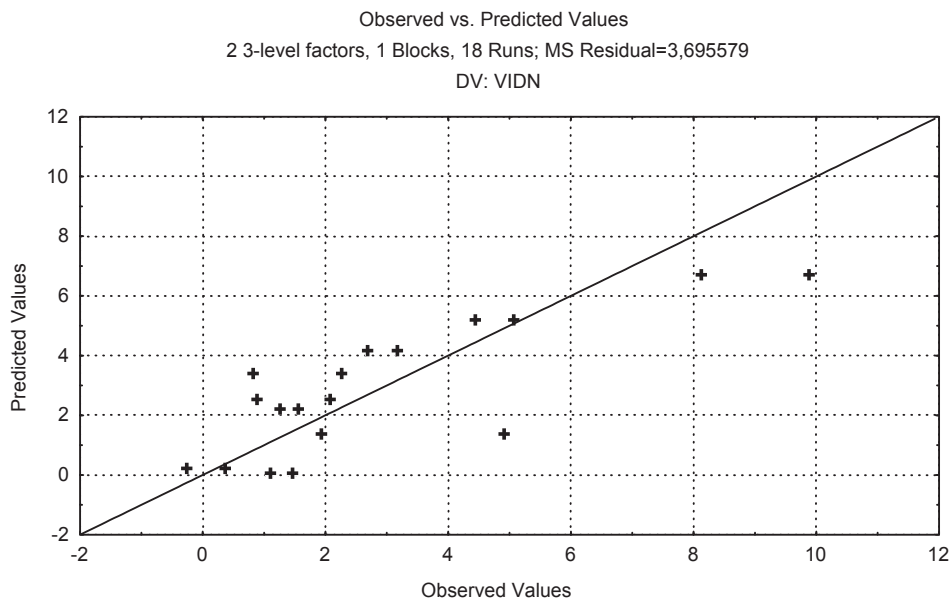
Experimento	Fator H	Fator s	[F] médio, mg/L/100mg	s
1	-1	-1	1,29	0,06
2	1	-1	0,05	0,20
3	-1	1	4,76	0,19
4	1	1	1,55	1,03
5	0	0	2,93	0,11
6	-1	0	1,41	0,04
7	1	0	3,43	4,44
8	0	-1	1,48	0,71
9	0	1	9,00	1,53



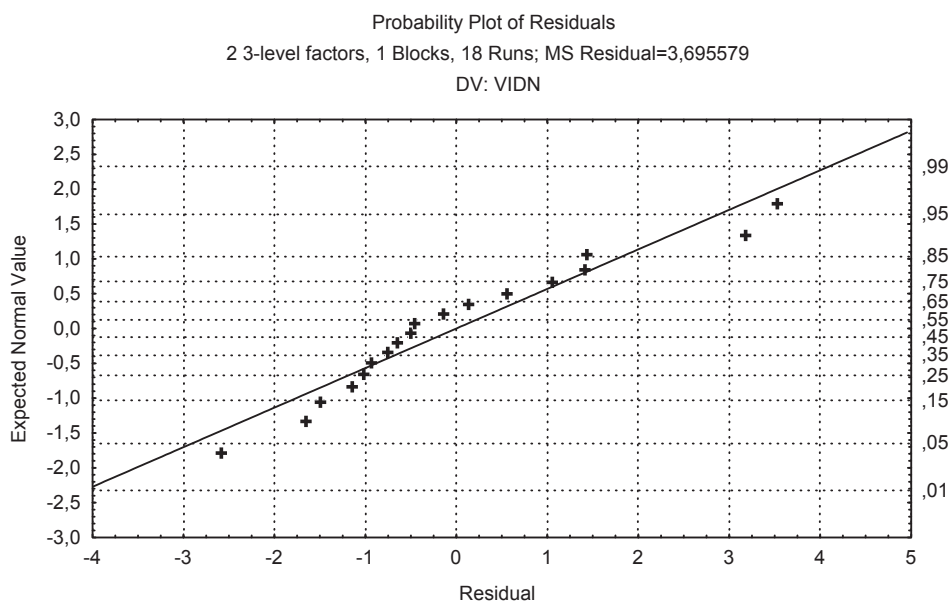
**FIGURA 4.19** - TEOR DE FLUORETO DISPONIBILIZADO PELO CIMENTO VIDRION N EM mg/L PARA 100 mg DE BIOMATERIAL, SENDO **H** (-1 PARA ADIÇÃO DE HCL, 0 PARA H<sub>2</sub>O E +1 PARA NaOH) E **S** (TEOR DE SAIS NA SALIVA ARTIFICIAL, ONDE É -1 PARA A METADE DO TEOR, 0 PARA O TEOR NORMAL E +1 PARA O DOBRO DO TEOR).



**FIGURA 4.20** - GRÁFICO DE PARETO DOS EFEITOS PADRONIZADOS PARA O CIMENTO VIDRION N. A LINHA  $p=0,05$  (,05) DELIMITA OS EFEITOS IMPORTANTES, OS QUAIS APARECEM À DIREITA.



**FIGURA 4.21** - GRÁFICO DE VALORES OBSERVADOS E PREVISTOS PELO MODELO MATEMÁTICO PARA O CIMENTO VIDRION N. QUANTO MAIOR A PROXIMIDADE DOS PONTOS, MELHOR A QUALIDADE DO MODELO.



**FIGURA 4.22** - GRÁFICO ENTRE RESÍDUO (“RESIDUAL”) VERSUS A DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES PARA DISTRIBUIÇÃO NORMAL APRESENTADOS NA FORMA LOGARÍTMICA (ESQUERDA POR MATEMÁTICA E DIREITA POR GRÁFICO ESPECIAL).

### 4.5.3 CIMENTO DE IONÔMERO DE VIDRO BIOGLASS R

O teor de fluoreto liberado pelo cimento de ionômero de vidro Bioglass R variou de 6,10 a 16,70 mg/L para cada 100 mg de biomaterial, ver Tabela 4.14. Este valor foi menor que ao verificado para o Vidrion R, o outro cimento restaurador testado. O desvio padrão dos experimentos, realizados em duplicata, revelou valores com boa concordância.

**TABELA 4.14** - TEOR DE FLUORETO DESSORVIDO PELO CIMENTO DE IONÔMERO DE VIDRO BIOGLASS R APÓS 96 HORAS NA SALIVA ARTIFICIAL.

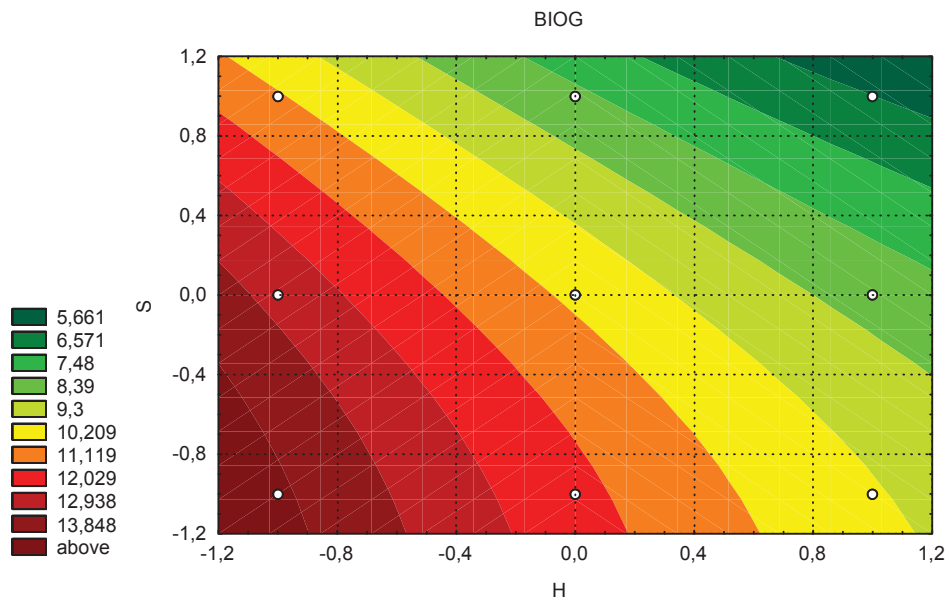
Experimento	Fator H	Fator s	[F] médio, mg/L/100mg	s
1	-1	-1	16,70	0,26
2	1	-1	6,89	1,12
3	-1	1	9,71	2,46
4	1	1	6,10	0,26
5	0	0	10,07	0,97
6	-1	0	10,56	0,41
7	1	0	10,11	0,64
8	0	-1	11,18	0,66
9	0	1	7,82	0,21

A superfície de resposta de liberação de fluoreto do cimento Bioglass R, mostrada na Figura 4.23, revelou que os teores maiores ocorrem para menor teor de sais e maior teor hidrogeniônico (menor pH). Esse aspecto de curva de nível sugere que o teor de fluoreto deva ser influenciado pelos dois fatores.

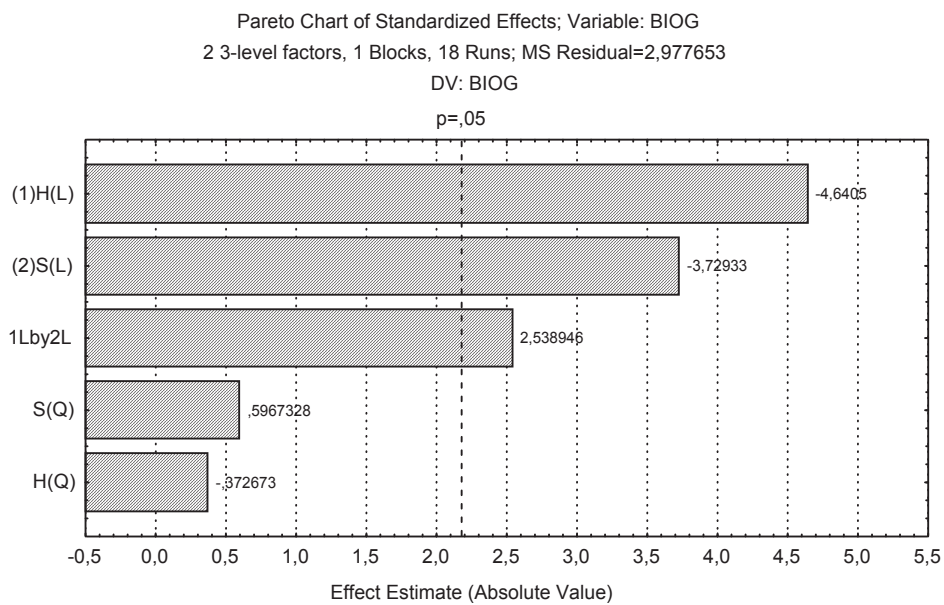
O gráfico de Pareto, mostrado na figura 4.24, confirmou a importância dos dois fatores [(1)H(L) e (2)S(L)], bem como a interação dos dois fatores [1Lby2L].

O modelo matemático apresentou uma previsão razoável dos pontos experimentais como mostra a Figura 4.25. A tendência de distribuição dos pontos pode ser respeitada, mas alguns pontos estão muito afastados da curva teórica.

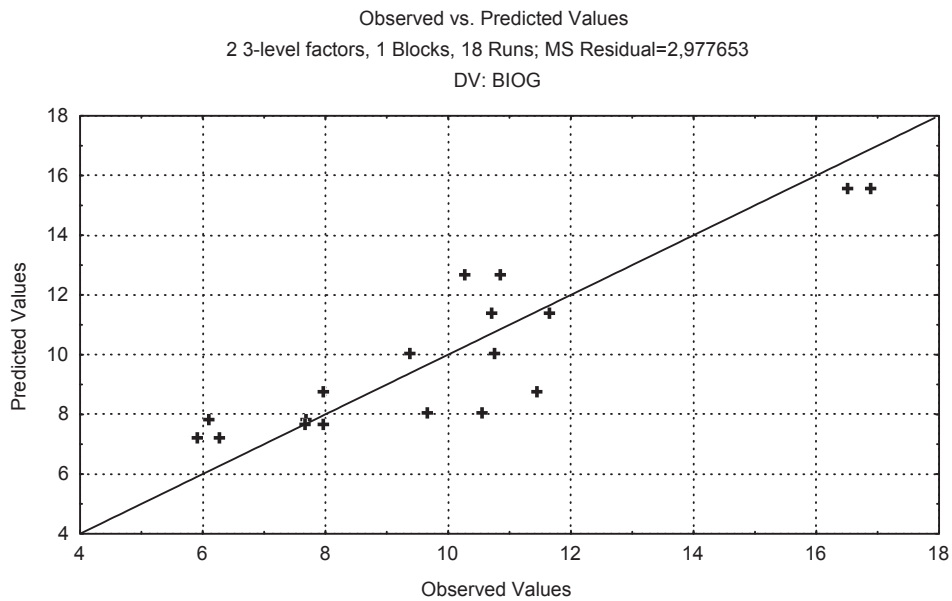
A distribuição de resíduos foi normal, como mostra o gráfico da Figura 4.26, o que sugere pequena importância de erro experimental. Neste caso, também é possível afirmar que o fenômeno estudado segue alguma lei matemática mais complexa do que a descrita pela equação obtida, a qual deve ser estudada com mais sofisticação de modelagem.



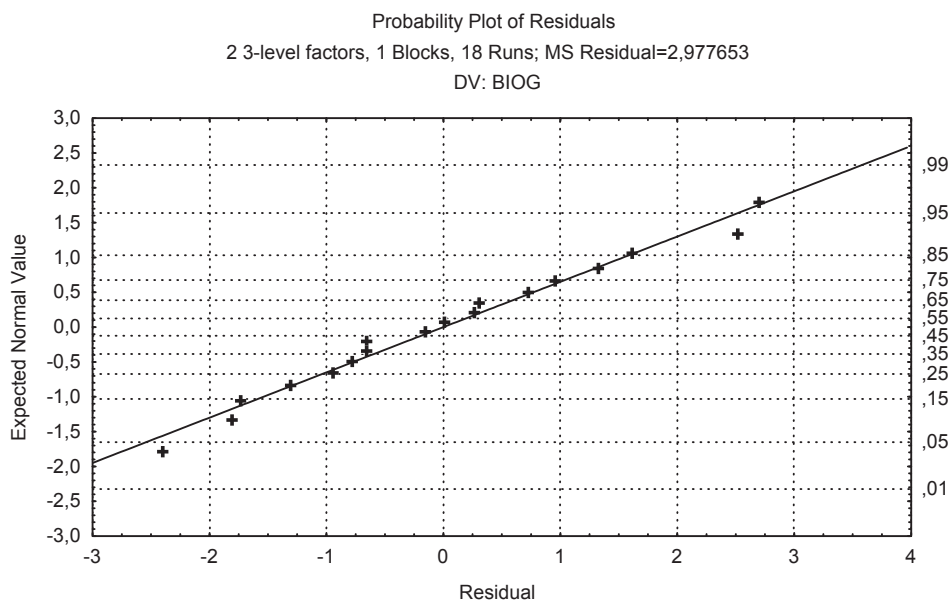
**FIGURA 4.23** - TEOR DE FLUORETO DISPONIBILIZADO PELO CIMENTO BIOGLASS R EM mg/L PARA 100 mg DE BIOMATERIAL, SENDO **H** (-1 PARA ADIÇÃO DE HCL, 0 PARA H<sub>2</sub>O E +1 PARA NaOH) E **S** (TEOR DE SAIS NA SALIVA ARTIFICIAL, ONDE É -1 PARA A METADE DO TEOR, 0 PARA O TEOR NORMAL E +1 PARA O DOBRO DO TEOR).



**FIGURA 4.24** - GRÁFICO DE PARETO DOS EFEITOS PADRONIZADOS PARA O CIMENTO BIOGLASS R. A LINHA P=0,05 (,05) DELIMITA OS EFEITOS IMPORTANTES, OS QUAIS APARECEM À DIREITA.



**FIGURA 4.25** - GRÁFICO DE VALORES OBSERVADOS E PREVISTOS PELO MODELO MATEMÁTICO PARA O CIMENTO BIOGLASS R. QUANTO MAIOR A PROXIMIDADE DOS PONTOS, MELHOR A QUALIDADE DO MODELO.



**FIGURA 4.26** - GRÁFICO ENTRE RESÍDUO (“RESIDUAL”) VERSUS A DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES PARA DISTRIBUIÇÃO NORMAL APRESENTADOS NA FORMA LOGARÍTMICA (ESQUERDA POR MATEMÁTICA E DIREITA POR GRÁFICO ESPECIAL).

A tabela 4.15 mostra que o teor médio de íons fluoreto liberado pelos cimentos restauradores, Vidrion R e Bioglass R, é superior ao liberado pelo cimento para confecção de núcleo de preenchimento. O Vidrion R liberou cerca do dobro da concentração de fluoreto liberado pelo Bioglass R. O Vidrion N, embora seja de uso interno, também apresentou potencial de liberação de íons fluoreto. Os coeficientes de variação são também mostrados e apresentaram a mesma ordem de grandeza para o Vidrion R e para o Bioglass R, sendo um pouco maior para o Vidrion N. Este fato é condizente com a realidade laboratorial, onde os coeficientes de variação geralmente são menores quanto mais próximo da sensibilidade dos sensores.

**TABELA 4.15** - TEOR MÉDIO DE FLUORETO E COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (CV) DE LIBERAÇÃO DE FLUORETO APÓS 96 HORAS PARA OS CIMENTOS DE ÍONÔMERO DE VIDRO.

selante	[F] médio, mg/L a cada 100 mg	Coefficiente de variação, %
Vidrion R	20,00	25,97
Vidrion N	2,877	70,85
Bioglass	9,904	21,93

Sendo  $CV = 100.s/x$ , onde  $s$  = desvio-padrão e  $x$  = média aritmética.

#### 4.6 AVALIAÇÃO DA LIBERAÇÃO DE FLUORETO POR SELANTES RESINOSOS COMERCIAIS.

##### 4.6.1 SELANTE RESINOSO FLUROSHIELD

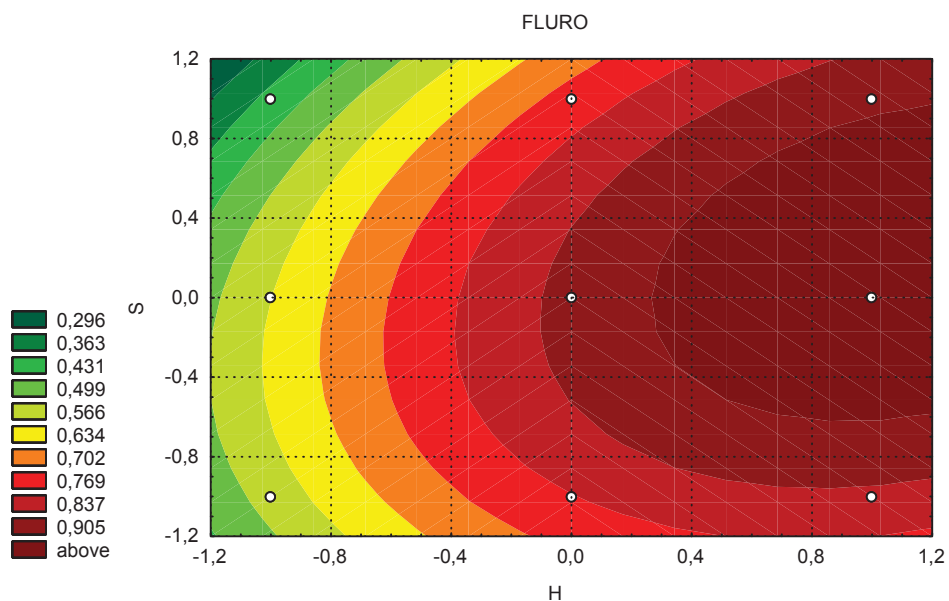
O teor de fluoreto liberado pelo selante resinoso Fluroshield, produzido à base de cloreto de sódio e de cálcio, variou de 0,344, a 1,114 mg/L para cada 100 mg de biomaterial, ver Tabela 4.16.

**TABELA 4.16** - TEOR DE FLUORETO DESSORVIDO PELO SELANTE FLUROSHIELD APÓS 96 HORAS NA SALIVA ARTIFICIAL.

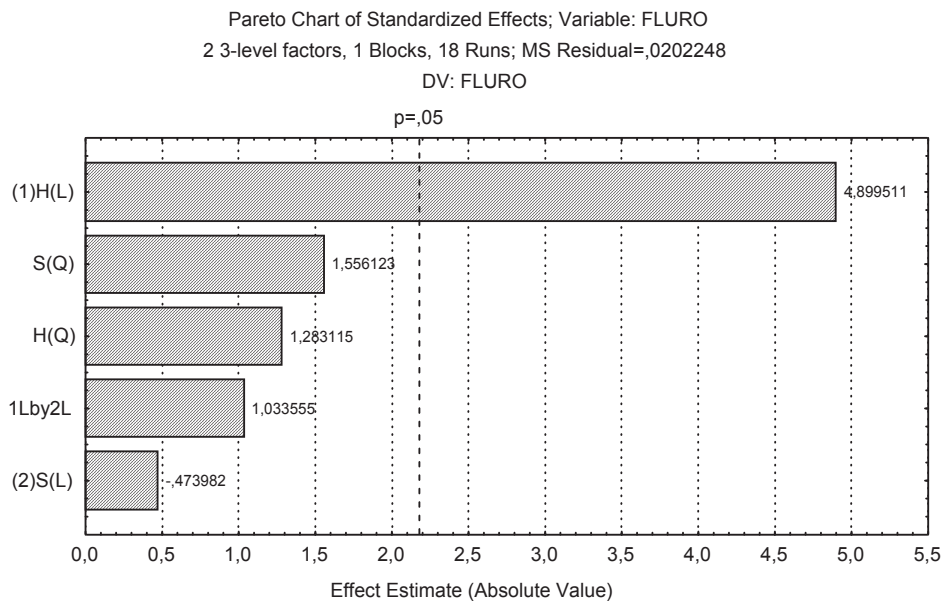
Experimento	Fator H	Fator s	[F] médio, mg/L/100mg	s
1	-1	-1	0,603	0,0210
2	1	-1	0,810	0,0289
3	-1	1	0,344	0,0974
4	1	1	0,758	0,0872
5	0	0	0,748	0,0403
6	-1	0	0,529	0,0557
7	1	0	1,114	0,1021
8	0	-1	0,705	0,1345
9	0	1	0,900	0,0672

A melhor condição de liberação de íons fluoreto foi observada no experimento com adição de base (maior potencial hidrogeniônico) e com valor intermediário de teor de sais, como mostra a Figura 4.27. No entanto, a análise estatística revelou que a alteração hidrogeniônica é o único fator importante (ao nível de 95%) e pode ser explicado por um modelo linear, ou seja, apenas (1)H(L) é importante.

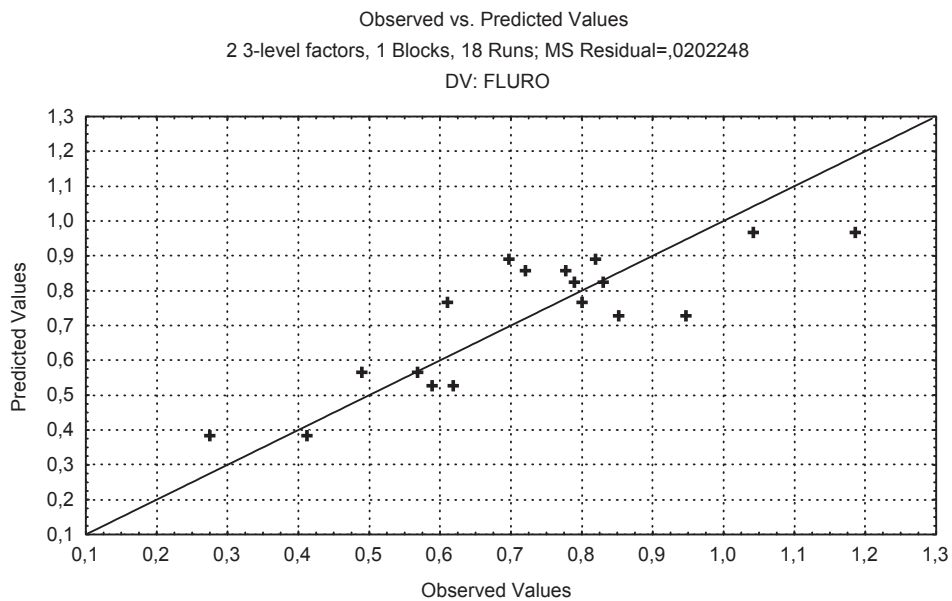
O gráfico de comparação de valores previstos pelo modelo matemático e obtidos experimentalmente, mostrados na figura 4.28, apresenta geralmente boa concordância, mas alguns pontos fogem desse comportamento. O gráfico de distribuição dos resíduos confirmou o comportamento aleatório dos erros experimentais, ver figura 4.29.



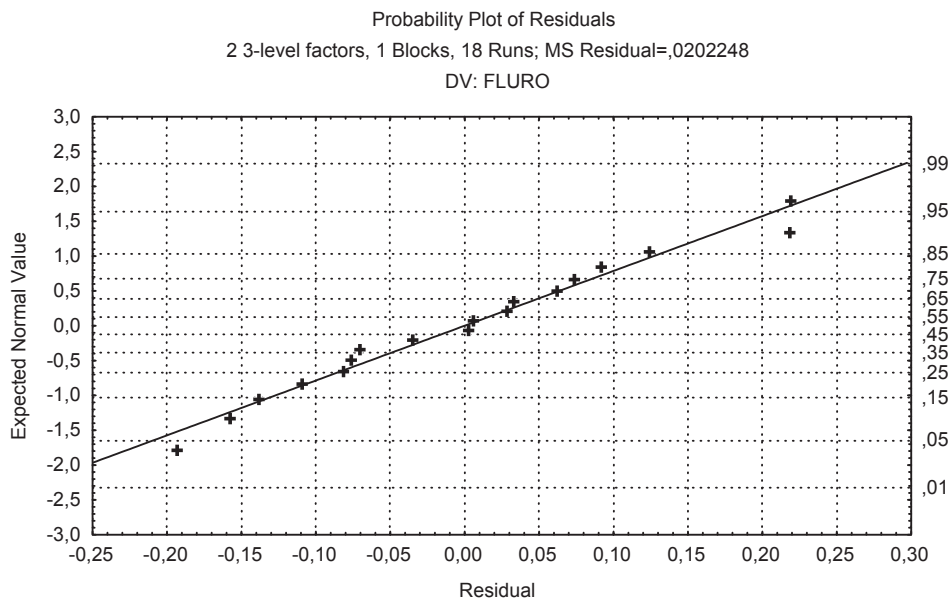
**FIGURA 4.27** - TEOR DE FLUORETO DISPONIBILIZADO PELO SELANTE COMERCIAL FLUROSHIELD EM mg/L PARA 100 mg DE BIOMATERIAL, SENDO **H** (-1 PARA ADIÇÃO DE HCl, 0 PARA H<sub>2</sub>O E +1 PARA NaOH) E **S** (TEOR DE SAIS NA SALIVA ARTIFICIAL, ONDE É -1 PARA A METADE DO TEOR, 0 PARA O TEOR NORMAL E +1 PARA O DOBRO DO TEOR).



**FIGURA 4.28** - GRÁFICO DE PARETO DOS EFEITOS PADRONIZADOS PARA O SELANTE FLUROSHIELD. A LINHA  $p=0,05$  (,05) DELIMITA OS EFEITOS IMPORTANTES, OS QUAIS APARECEM À DIREITA.



**FIGURA 4.29** - GRÁFICO DE VALORES OBSERVADOS E PREVISTOS PELO MODELO MATEMÁTICO PARA O SELANTE FLUROSHIELD. QUANTO MAIOR A PROXIMIDADE DOS PONTOS, MELHOR A QUALIDADE DO MODELO.



**FIGURA 4.30** - GRÁFICO ENTRE O RESÍDUO (“RESIDUAL”) VERSUS A DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES PARA DISTRIBUIÇÃO NORMAL APRESENTADOS NA FORMA LOGARÍTMICA (ESQUERDA POR MATEMÁTICA E DIREITA POR GRÁFICO ESPECIAL).

#### 4.6.2 SELANTE RESINOSO CONSEAL F

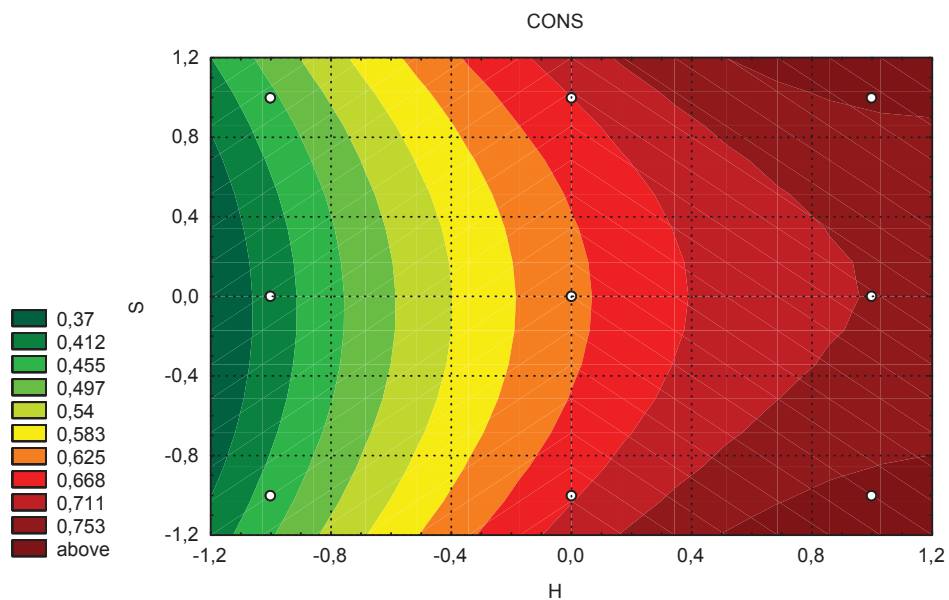
O teor de fluoreto liberado pelo selante resinoso Conseal F produzido à base de fluoreto de sódio variou de 0,355 a 0,773 mg/L para cada 100 mg de biomaterial, ver Tabela 4.17. Esses valores são relativamente próximos aos observados para o selante Fluroshield.

**TABELA 4.17** - TEOR DE FLUORETO DESSORVIDO PELO SELANTE CONSEAL F APÓS 96 HORAS NA SALIVA ARTIFICIAL.

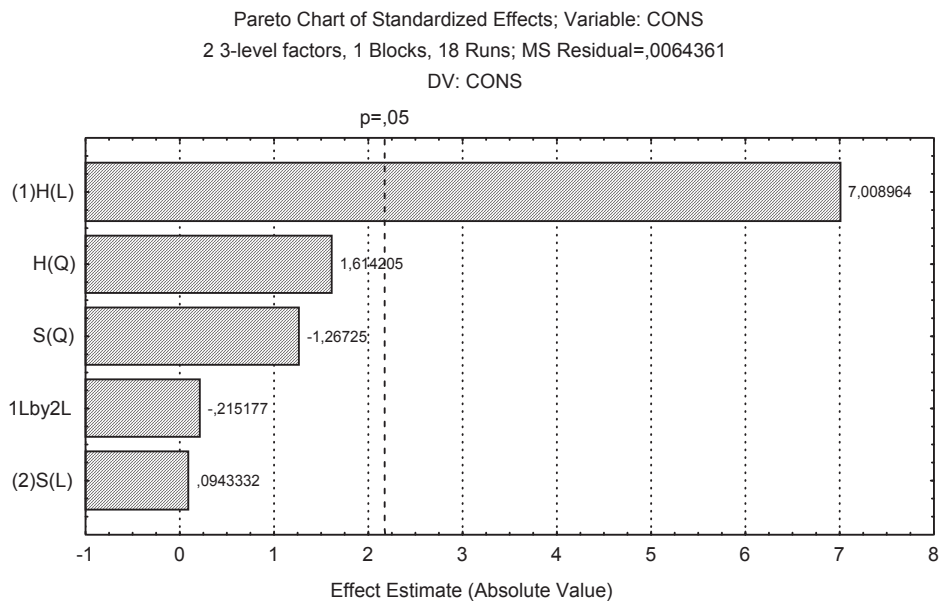
Experimento	Fator H	Fator s	[F] médio, mg/L/100mg	S
1	-1	-1	0,428	0,0105
2	1	-1	0,742	0,0482
3	-1	1	0,483	0,0988
4	1	1	0,773	0,0353
5	0	0	0,636	0,0367
6	-1	0	0,355	0,0612
7	1	0	0,725	0,1908
8	0	-1	0,692	0,0867
9	0	1	0,619	0,0312

A superfície de resposta apresentada pelo selante Conseal F, mostrado na Figura 4.30, revelou que a maior liberação ocorre para adição de base (maior pH), ou seja, no caso de adição de agente alcalino. O único fator importante para este biomaterial foi a alteração hidrogeniônica e pode ser explicado por um modelo linear, ou seja, (1)H(L) é importante, conforme mostra o gráfico de Pareto (Figura 4.32).

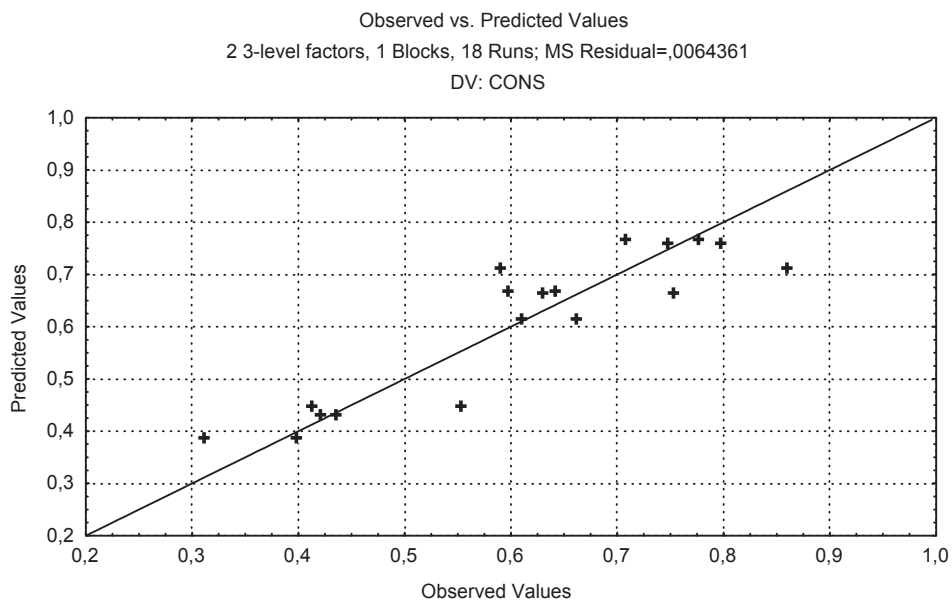
O modelo matemático conseguiu prever bem os resultados experimentais obtidos, mas com alguma dispersão dos pontos observados e previstos pelo modelo matemático, ver figura 4.33. O gráfico de distribuição normal dos resíduos confirmou o bom modelo matemático obtido, figura 4.34.



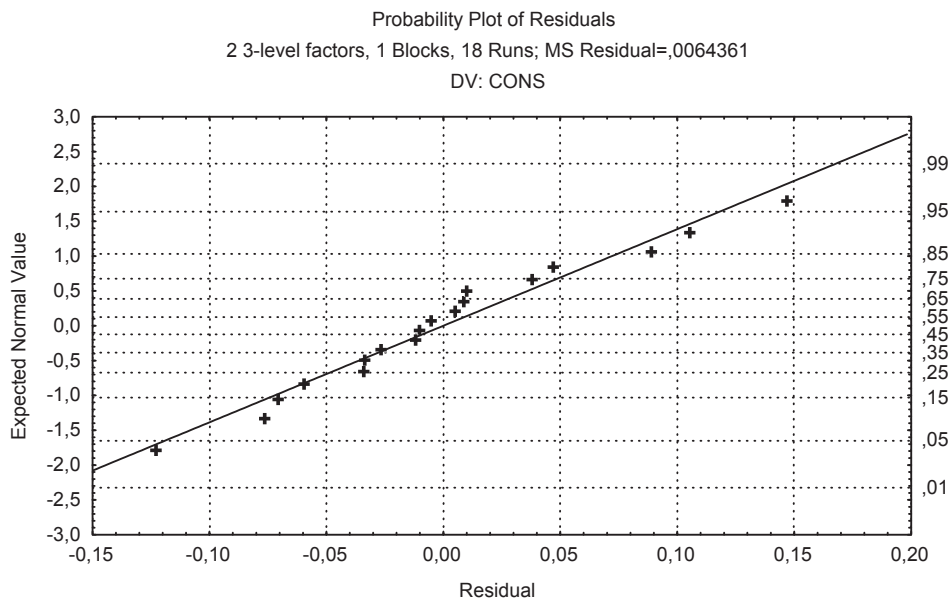
**FIGURA 4.31** - TEOR DE FLUORETO DISPONIBILIZADO PELO SELANTE COMERCIAL CONSEAL F EM mg/L PARA 100 mg DE BIOMATERIAL, SENDO H (-1 PARA ADIÇÃO DE HCL, 0 PARA H<sub>2</sub>O E +1 PARA NaOH) E S (TEOR DE SAIS NA SALIVA ARTIFICIAL, ONDE É -1 PARA A METADE DO TEOR, 0 PARA O TEOR NORMAL E +1 PARA O DOBRO DO TEOR).



**FIGURA 4.32** - GRÁFICO DE PARETO DOS EFEITOS PADRONIZADOS PARA O SELANTE CONSEAL F. A LINHA  $p=0,05$  (,05) DELIMITA OS EFEITOS IMPORTANTES, OS QUAIS APARECEM À DIREITA.



**FIGURA 4.33** - GRÁFICO DE VALORES OBSERVADOS E PREVISTOS PELO MODELO MATEMÁTICO PARA O SELANTE CONSEAL F. QUANTO MAIOR A PROXIMIDADE DOS PONTOS, MELHOR A QUALIDADE DO MODELO.



**FIGURA 4.34** - GRÁFICO ENTRE O RESÍDUO (“RESIDUAL”) VERSUS A DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES PARA DISTRIBUIÇÃO NORMAL APRESENTADOS NA FORMA LOGARÍTMICA (ESQUERDA POR MATEMÁTICA E DIREITA POR GRÁFICO ESPECIAL).

## 4.7 SELANTES RESINOSOS PRODUZIDOS

### 4.7.1 SELANTES RESINOSOS À BASE DE FLUORETO DE SÓDIO

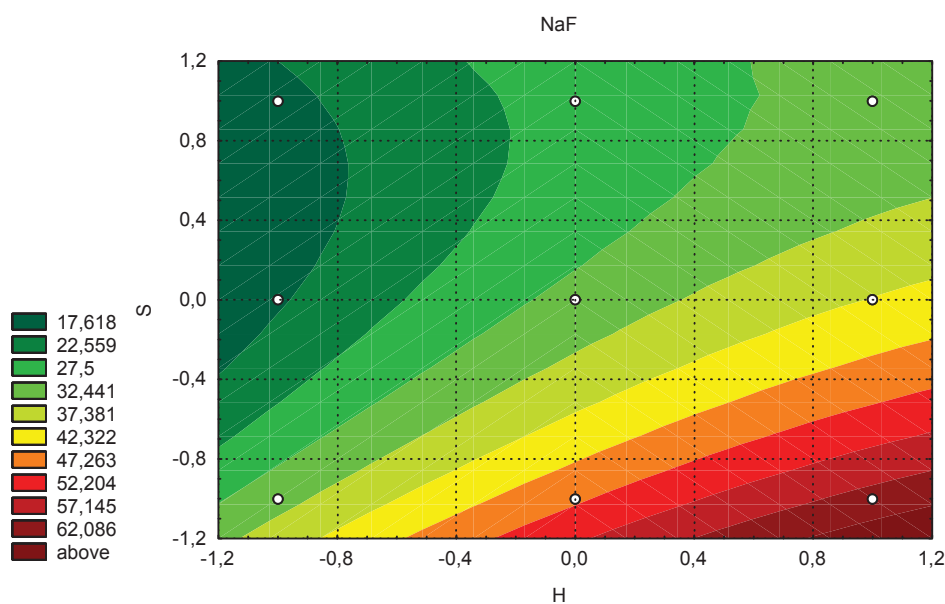
O teor de fluoreto liberado pelo selante resinoso produzido à base de fluoreto de sódio variou de 12,06 a 62,73 mg/L para cada 100 mg de biomaterial, ver Tabela 4.18. O desvio padrão para os experimentos, realizados em duplicata, revelou um valor máximo de 3,10 mg/L/100mg, confirmando a importância do nível de fluoreto liberado.

**TABELA 4.18** - TEOR DE FLUORETO DESSORVIDO PELO SELANTE NaF 16,7% APÓS 96 HORAS NA SALIVA ARTIFICIAL.

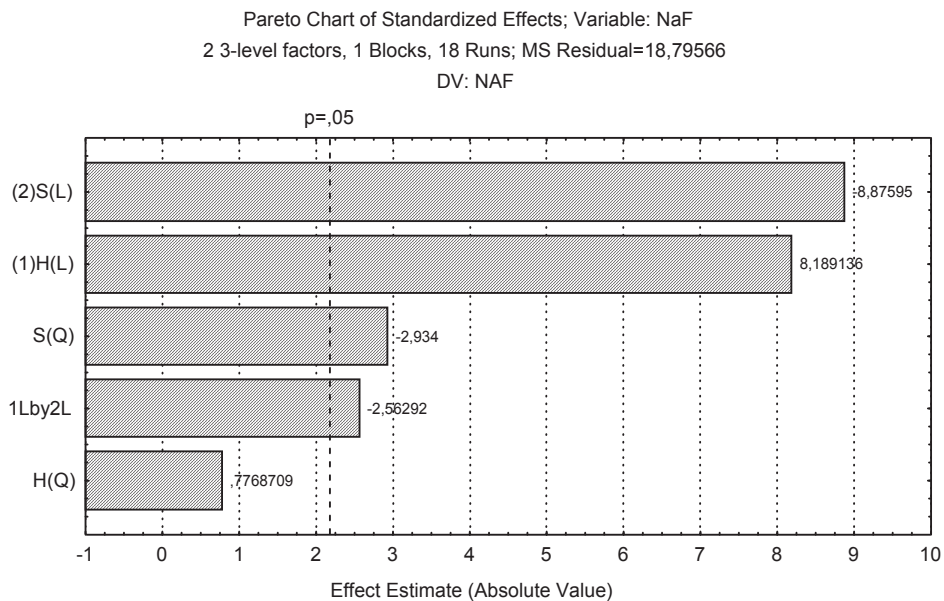
Experimento	Fator H	Fator s	[F] médio, mg/L/100mg	s
1	-1	-1	30,56	2,20
2	1	-1	62,73	1,38
3	-1	1	12,06	0,95
4	1	1	28,52	2,15
5	0	0	28,14	0,96
6	-1	0	21,32	0,09
7	1	0	34,19	3,10
8	0	-1	42,77	0,39
9	0	1	28,83	3,08

Os íons fluoreto estão mais disponíveis na condição com menor teor de sais na saliva e adição de base, ou seja maior pH, conforme observado na Figura 4.35. O gráfico de Pareto confirma essa conclusão, como mostra a Figura 4.36.

Os fatores teor salino [S(L)] e disponibilidade hidrogeniônica [H(L)] são indiscutivelmente importantes na influência de liberação de íons fluoreto como pode ser observado pela linha que delimita o valor 0,05, a qual limita o grau de significância a 95%. Esses dois componentes são exclusivos para modelo linear. Os fatores de interação linear [1Lby2L = SH(L)] e o fator quadrático para o teor de sais [S(Q)] se revelam matematicamente importantes, embora estejam muito próximos da linha de decisão (linha  $p= 0,05$ ), o que faz com que não se possa afirmar estatisticamente a importância dos mesmos.

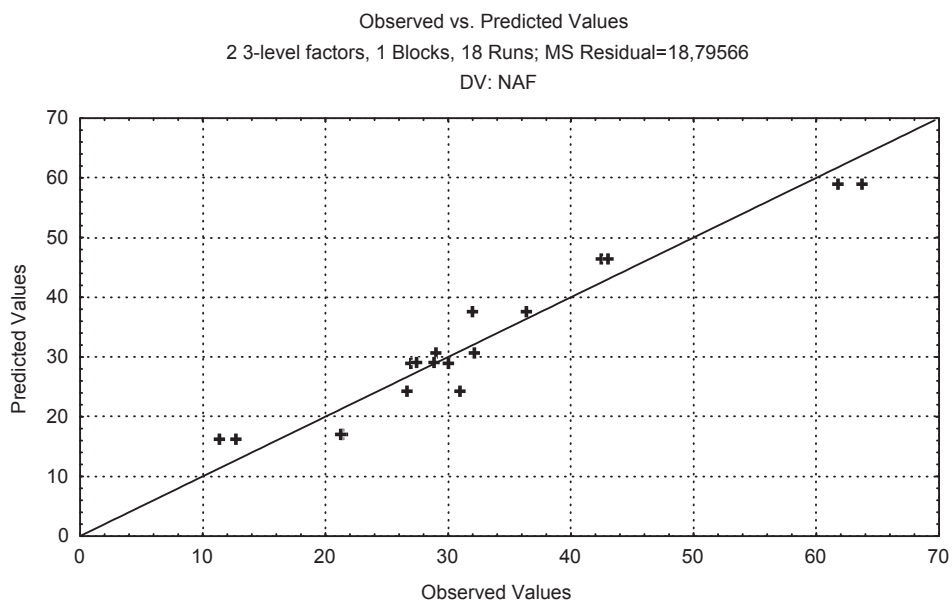


**FIGURA 4.35** - TEOR DE FLUORETO DISPONIBILIZADO PELO SELANTE PRODUZIDO À BASE DE NaF EM mg/L PARA 100 mg DE BIOMATERIAL, SENDO H (-1 PARA ADIÇÃO DE HCl, 0 PARA H<sub>2</sub>O E +1 PARA NaOH) e S (TEOR DE SAIS NA SALIVA ARTIFICIAL, ONDE É -1 PARA A METADE DO TEOR, 0 PARA O TEOR NORMAL E +1 PARA O DOBRO DO TEOR).

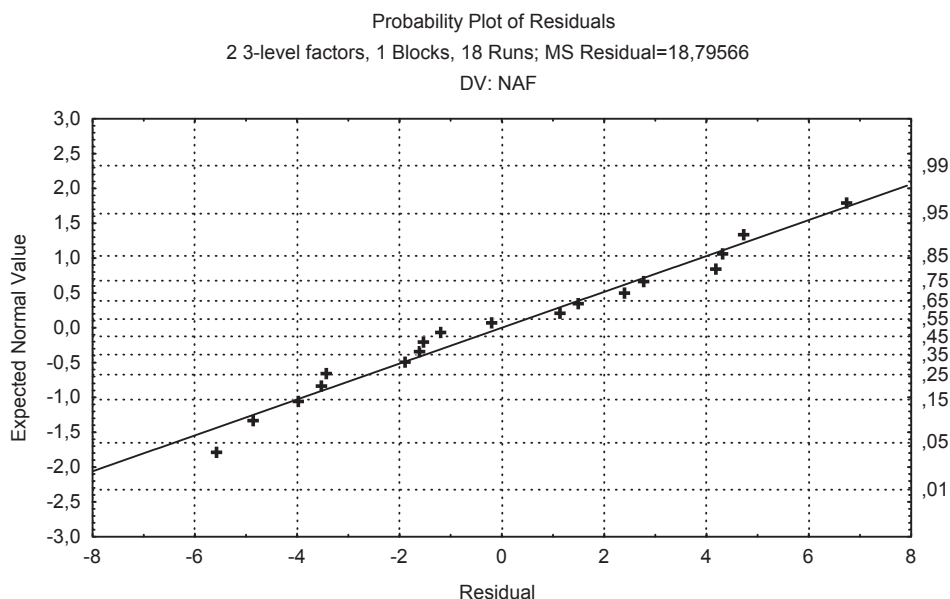


**FIGURA 4.36** - GRÁFICO DE PARETO DOS EFEITOS PADRONIZADOS PARA O SELANTE À BASE DE NaF. A LINHA  $p=0,05$  (,05) DELIMITA OS EFEITOS IMPORTANTES, OS QUAIS APARECEM À DIREITA.

O modelo obtido faz uma ótima previsão dos dados em relação aos valores obtidos experimentalmente, ver Figura 4.9. A Figura 4.10 confirma um bom modelo ao não revelar tendências e através da distribuição normal dos pontos.



**FIGURA 4.37** - GRÁFICO DE VALORES OBSERVADOS E PREVISTOS PELO MODELO MATEMÁTICO PARA O SELANTE À BASE DE NaF. QUANTO MAIOR A PROXIMIDADE DOS PONTOS, MELHOR A QUALIDADE DO MODELO.



**FIGURA 4.38** - GRÁFICO ENTRE O RESÍDUO (“RESIDUAL”) VERSUS A DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES PARA DISTRIBUIÇÃO NORMAL ESPERADA APRESENTADOS NA FORMA LOGARÍTMICA (ESQUERDA POR MATEMÁTICA E DIREITA POR GRÁFICO ESPECIAL).

#### 4.7.2 SELANTES RESINOSOS À BASE DE FLUORETO DE POTÁSSIO

O teor de fluoreto liberado pelo selante à base de fluoreto de potássio variou de 59,6 a 379,5 mg/L para 100 mg de resina, ver Tabela 4.19.

**TABELA 4.19** - TEOR DE FLUORETO DESSORVIDO PELO SELANTE  $KF \cdot 2H_2O$  16,7% APÓS 96 HORAS NA SALIVA ARTIFICIAL.

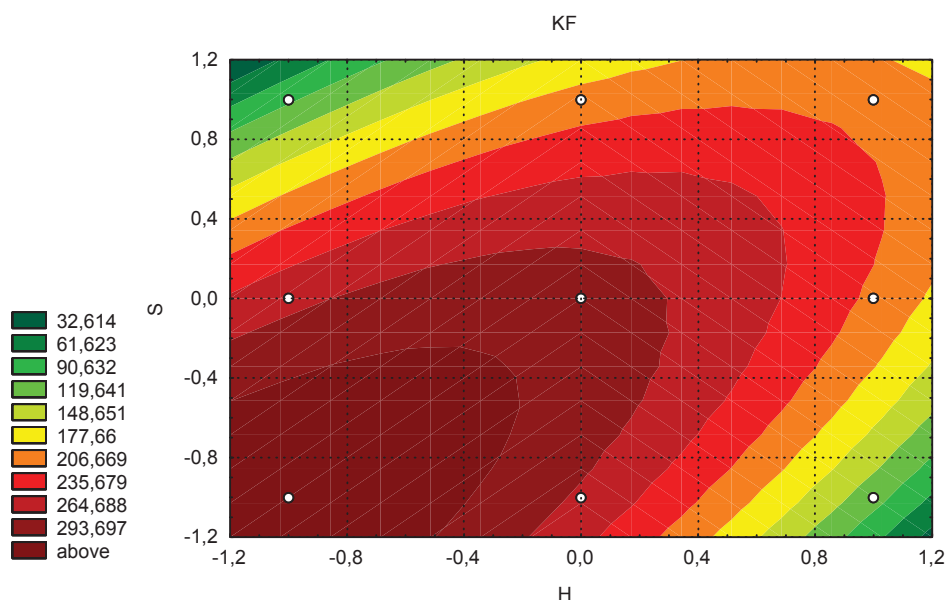
Experimento	Fator H	Fator s	[F] médio, mg/L/100mg	s
1	-1	-1	379,5	14,86
2	1	-1	59,5	14,42
3	-1	1	128,5	0,77
4	1	1	133,5	4,91
5	0	0	277,0	16,97
6	-1	0	152,5	28,99
7	1	0	303,8	19,32
8	0	-1	242,5	0,73
9	0	1	206,8	75,25

A disponibilidade máxima foi seis vezes maior ao teor máximo liberado pelo selante à base de sódio. O desvio padrão observado geralmente foi baixo em

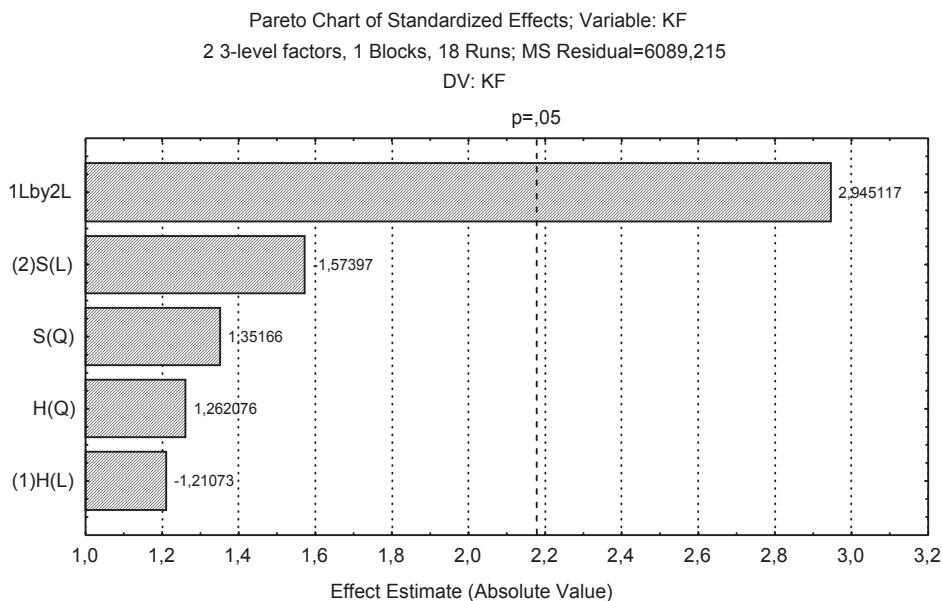
comparação com a ordem de grandeza dos resultados, mas se obteve um valor muito alto em uma das repetições (experimento 8).

Os íons fluoreto estão mais disponíveis na condição com menor teor de sais na saliva e menor pH (adição de ácido), conforme observado na Figura 4.39. Os fatores principais para os componentes lineares do modelo [(2)S(L) e (1)H(L)] não são importantes quando analisados pelo gráfico de Pareto, ver a Figura 4.40. O mesmo pode ser dito para os componentes quadráticos [(2)S(Q), (1)H(Q)], o que é compatível com a regra empírica de que os efeitos derivados dos lineares só são importantes se os lineares de origem o forem. Por outro lado, a interação entre (2)S(L) e (1)H(L), representada por 1Lby2L ou SH(L), revelou uma importância indiscutível prevista pelo gráfico de Pareto, o que não seguiu a regra empírica comumente observada.

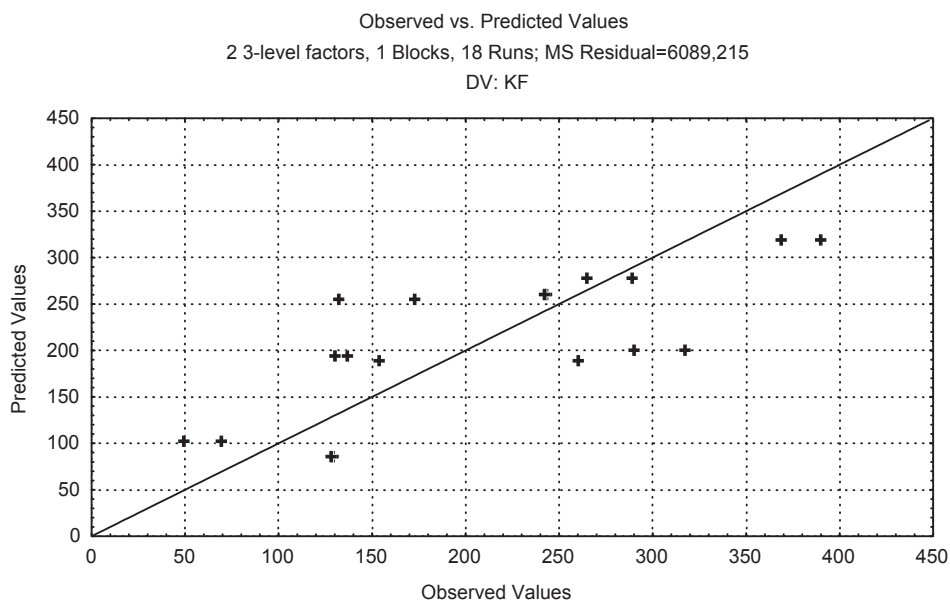
A Figura 4.41 confirmou um bom modelo matemático ao não revelar tendências, mas a grande distância entre os pontos e a linha do modelo revelou uma situação não tão boa quanto ao observado para o selante de NaF. A distribuição normal dos pontos não revelou tendência, conforme pode ser observado na figura 4.42, o que confirma os estudos citados na literatura.



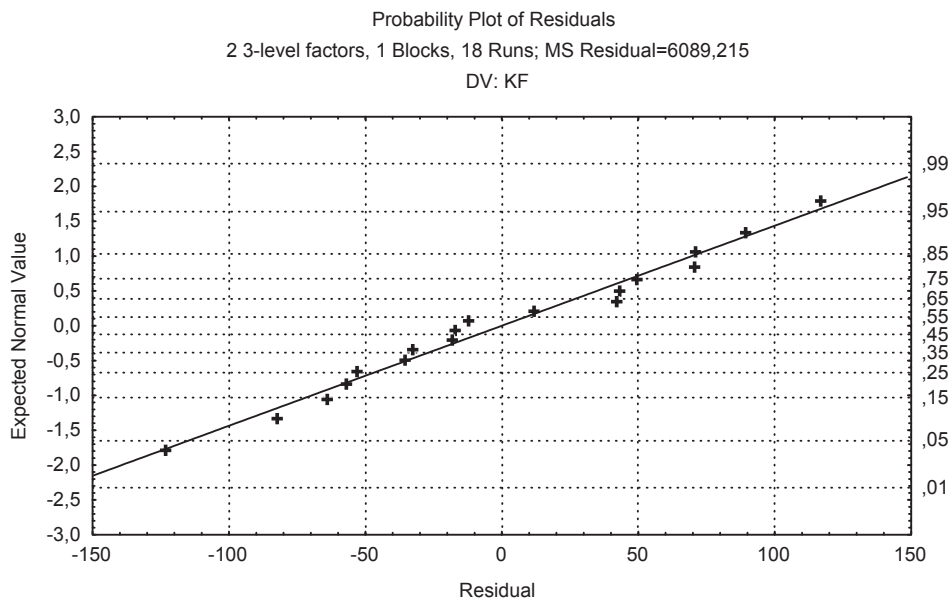
**FIGURA 4.39** - TEOR DE FLUORETO DISPONIBILIZADO PELO SELANTE PRODUZIDO À BASE DE KF EM mg/L PARA 100 mg DE BIOMATERIAL, SENDO H (-1 PARA ADIÇÃO DE HCl, 0 PARA H<sub>2</sub>O E +1 PARA NaOH) E S (TEOR DE SAIS NA SALIVA ARTIFICIAL, ONDE É -1 PARA A METADE DO TEOR, 0 PARA O TEOR NORMAL E +1 PARA O DOBRO DO TEOR).



**FIGURA 4.40** - GRÁFICO DE PARETO DOS EFEITOS PADRONIZADOS PARA O SELANTE À BASE DE KF. A LINHA  $p=0,05$  ( $,05$ ) DELIMITA OS EFEITOS IMPORTANTES, OS QUAIS APARECEM À DIREITA.



**FIGURA 4.41** - GRÁFICO DE VALORES OBSERVADOS E PREVISTOS PELO MODELO MATEMÁTICO PARA O SELANTE À BASE DE KF. QUANTO MAIOR A PROXIMIDADE DOS PONTOS, MELHOR A QUALIDADE DO MODELO.



**FIGURA 4.42** - GRÁFICO ENTRE O RESÍDUO (“RESIDUAL”) VERSUS A DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES PARA DISTRIBUIÇÃO NORMAL APRESENTADOS NA FORMA LOGARÍTMICA (ESQUERDA POR MATEMÁTICA E DIREITA POR GRÁFICO ESPECIAL).

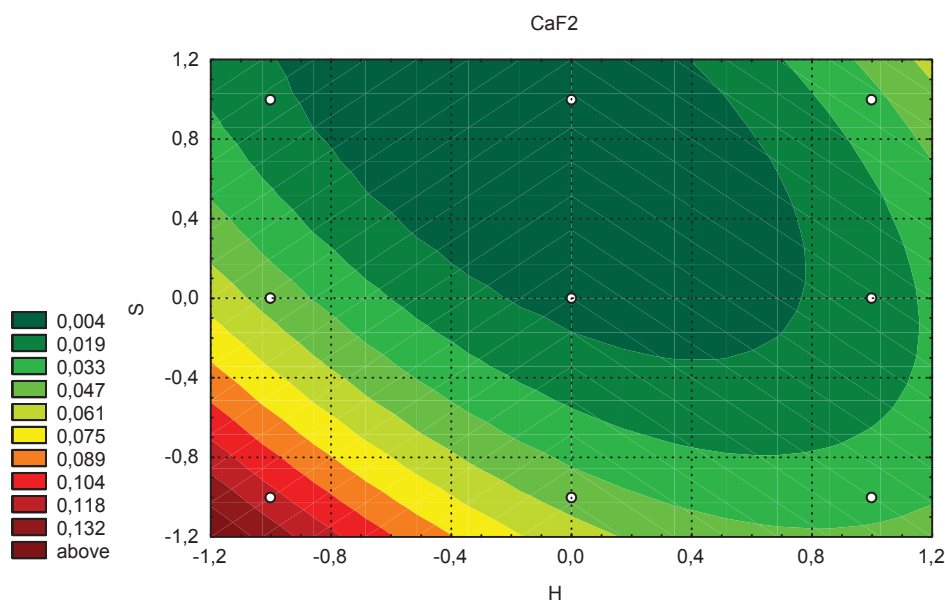
O teor de fluoreto liberado pelo selante à base de fluoreto de cálcio variou entre 5 e 130  $\mu\text{g/mL}$  (tabela 4.20). Esses valores estão muito próximos ao limite de detecção do eletrodo. Mesmo assim, a variância extremamente baixa faz com que tais valores possam ser avaliados.

**TABELA 4.20** - TEOR DE FLUORETO DESSORVIDO PELO SELANTE  $\text{CaF}_2$  16,7% APÓS 96 HORAS NA SALIVA ARTIFICIAL.

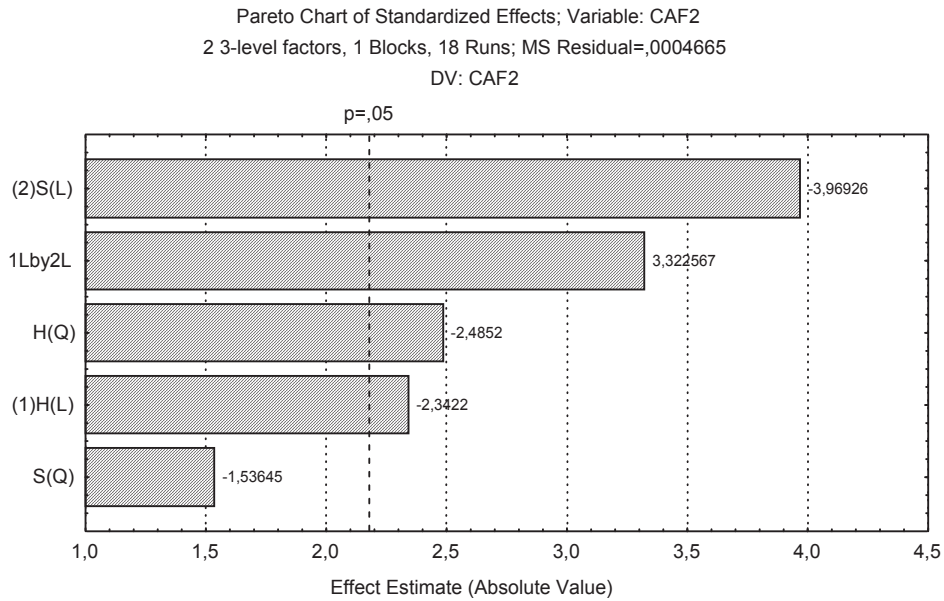
Experimento	Fator H	Fator s	[F] médio, mg/L/100mg	s
1	-1	-1	0,130	0,0086
2	1	-1	0,032	0,0191
3	-1	1	0,010	0,0022
4	1	1	0,013	0,0044
5	0	0	0,011	0,0041
6	-1	0	0,017	0,0083
7	1	0	0,024	0,0106
8	0	-1	0,016	0,0032
9	0	1	0,005	0,0005

### 4.7.3 SELANTES RESINOSOS À BASE DE FLUORETO DE CÁLCIO

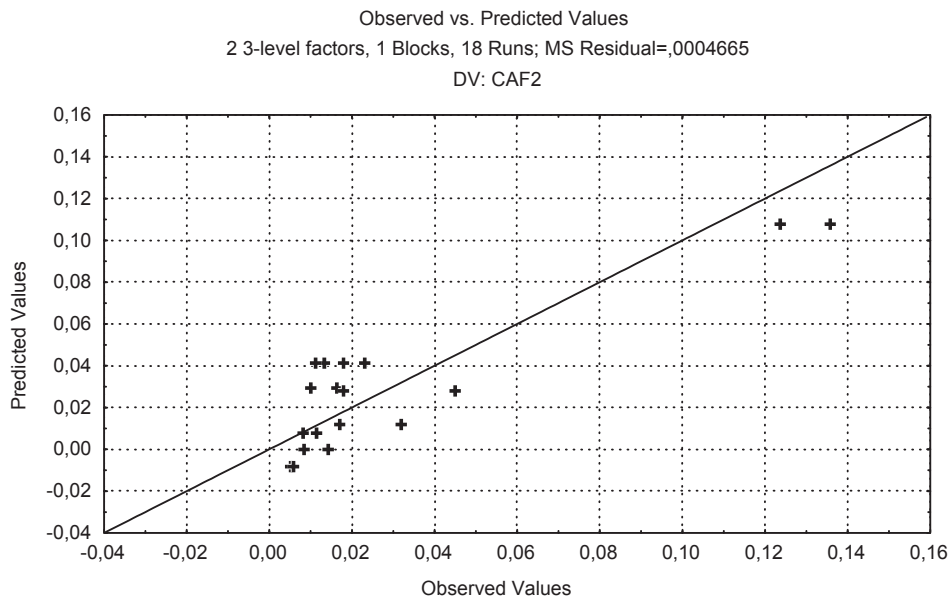
A superfície de resposta de liberação em fluoreto mostrada na Figura 4.43 revelou valores praticamente iguais para todas as condições. A exceção ocorreu para menor teor de sais e adição de ácido (menor pH). O comportamento complexo revelado pelo gráfico de superfície de resposta foi confirmado pelo gráfico de Pareto (figura 4.44). Os fatores principais para os componentes lineares [S(L) e H(L)] são importantes. Por outro lado, o fator quadrático para o teor hidrogeniônico [H(Q)] e o fator de interação [1Lby2L ou SH(L)] estão muito próximos da linha limite, o que provoca uma incerteza estatística. Esse comportamento complexo pode ser atribuído não somente à influência que o íon fluoreto sofreria, mas também que o seu contra-íon, no caso  $\text{Ca}^{2+}$ , pode sofrer, principalmente pela concentração de íons hidróxido ( $\text{OH}^-$ ). O gráfico de comparação dos valores observados e previstos faz com que o modelo matemático que pudesse ser desenvolvido por estes pontos experimentais seja usado com extremo cuidado, ver figura 4.45. Dois pontos estão extremamente afastados dos demais o que causa grande influência matemática no desenvolvimento ou interpretação de qualquer modelo.



**FIGURA 4.43** - TEOR DE FLUORETO DISPONIBILIZADO PELO SELANTE PRODUZIDO À BASE DE  $\text{CaF}_2$  EM mg/L PARA 100 mg DE BIOMATERIAL, SENDO H (-1 PARA ADIÇÃO DE HCL, 0 PARA  $\text{H}_2\text{O}$  E +1 PARA NaOH) E S (TEOR DE SAIS NA SALIVA ARTIFICIAL, ONDE É -1 PARA A METADE DO TEOR, 0 PARA O TEOR NORMAL E +1 PARA O DOBRO DO TEOR).

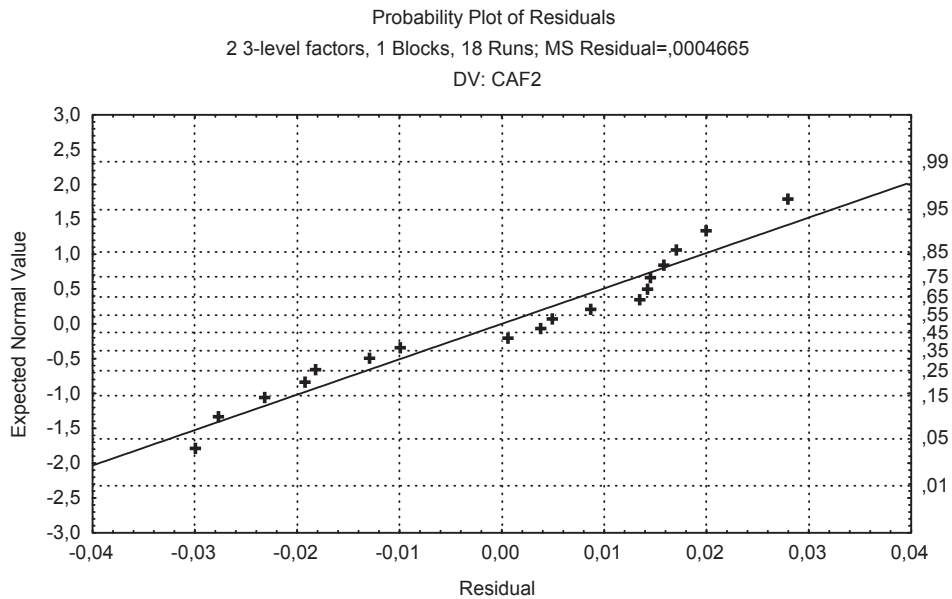


**FIGURA 4.44** - GRÁFICO DE PARETO DOS EFEITOS PADRONIZADOS PARA O SELANTE À BASE DE  $\text{CaF}_2$ . A LINHA  $p=0,05$  (,05) DELIMITA OS EFEITOS IMPORTANTES, OS QUAIS APARECEM À DIREITA.



**FIGURA 4.45** - GRÁFICO DE VALORES OBSERVADOS E PREVISTOS PELO MODELO MATEMÁTICO PARA O SELANTE À BASE DE  $\text{CaF}_2$ . QUANTO MAIOR A PROXIMIDADE DOS PONTOS, MELHOR A QUALIDADE DO MODELO.

O modelo produzido pelo software, apesar das considerações descritas no parágrafo acima, conseguiu produzir uma distribuição normal aceitável dos resíduos, ver Figura 4.46.



**FIGURA 4.46** - GRÁFICO ENTRE O RESÍDUO (“RESIDUAL”) VERSUS A DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES PARA DISTRIBUIÇÃO NORMAL APRESENTADOS NA FORMA LOGARÍTMICA (ESQUERDA POR MATEMÁTICA E DIREITA POR GRÁFICO ESPECIAL).

#### **4.7.4 SELANTES RESINOSOS À BASE DE FLUORETO DE MAGNÉSIO**

O teor de fluoreto liberado pelo selante à base de fluoreto de magnésio variou entre 22 e 53  $\mu\text{g/mL}$ , ou seja, superior ao valor mínimo do selante de fluoreto de cálcio, mas inferior ao valor máximo do mesmo (ver tabela 4.21). Este fato pode ser explicado pela menor solubilidade do sal de magnésio, mas também pela sua capacidade de formar soluções supersaturadas estáveis.

**TABELA 4.21** - TEOR DE FLUORETO DESSORVIDO PELO SELANTE  $MgF_2$  16,7% APÓS 96 HORAS NA SALIVA ARTIFICIAL.

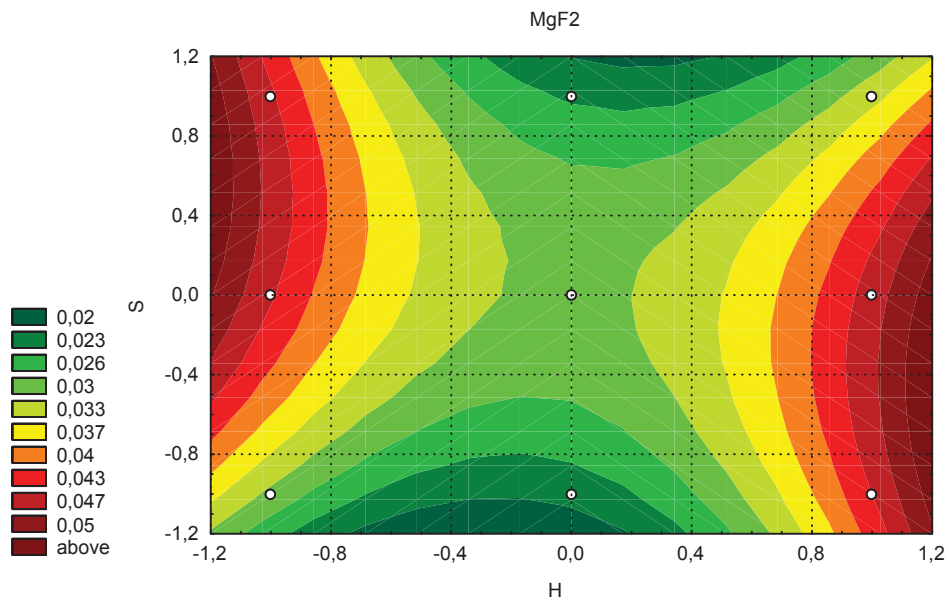
Experimento	Fator H	Fator s	[F] médio, mg/L/100mg	s
1	-1	-1	0,022	0,0012
2	1	-1	0,043	0,0061
3	-1	1	0,042	0,0072
4	1	1	0,037	0,0154
5	0	0	0,025	0,0029
6	-1	0	0,053	0,0033
7	1	0	0,040	0,0005
8	0	-1	0,028	0,0076
9	0	1	0,019	0,0102

O gráfico de superfície de resposta mostrado na figura 4.47, como no caso do selante à base de  $MgF_2$ , também mostrou um comportamento complexo. O teor maior ou menor de potencial hidrogeniônico foram mais favoráveis à liberação de íons fluoreto.

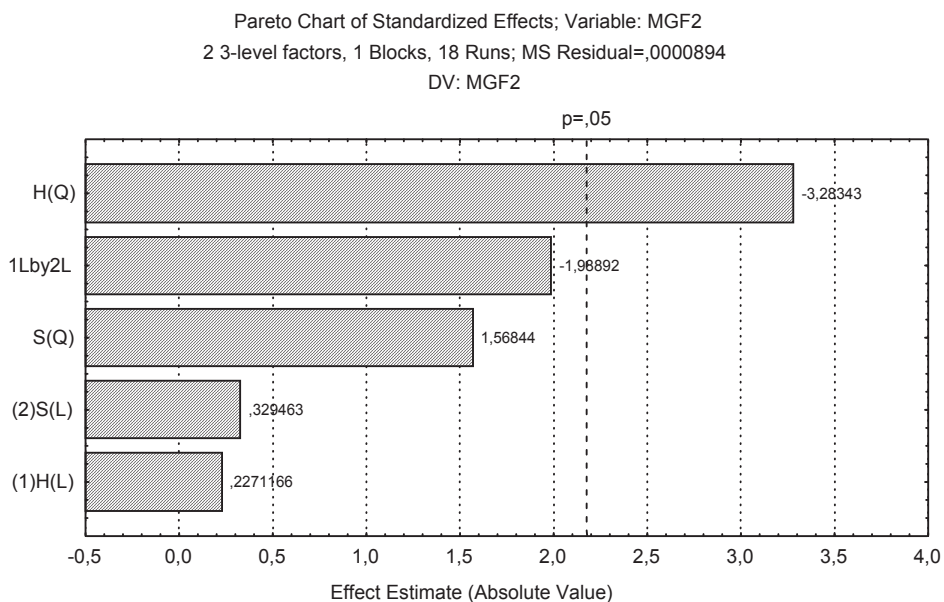
O efeito quadrático relacionado ao potencial hidrogeniônico [(1)H(Q)] foi o único efeito importante revelado através do gráfico de Pareto, ver a figura 4.48. Este fenômeno também não obedeceu a regra empírica de que o efeito principal linear deste também deveria ser importante.

A distribuição dos pontos observados e estimados pelo modelo apresentou menor concordância, o que confirmou também sua dificuldade de interpretação (figura 4.49).

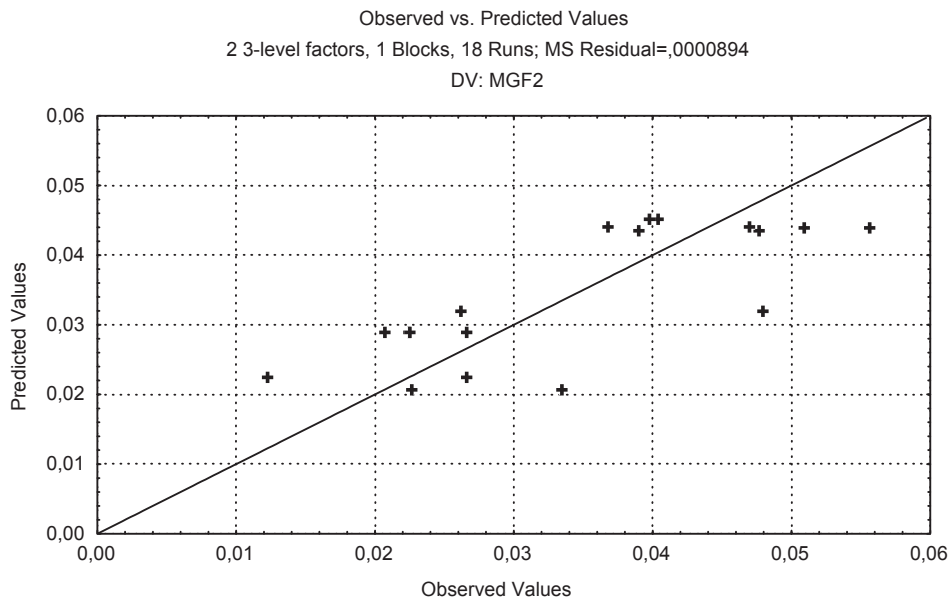
O gráfico de distribuição normal dos resíduos sugere que as conclusões que possam ser realizadas devam ser utilizadas com prudência (figura 4.50). Aparentemente, a técnica analítica está próxima da sensibilidade do eletrodo e/ou existe mais de um modo de liberação de íons fluoreto.



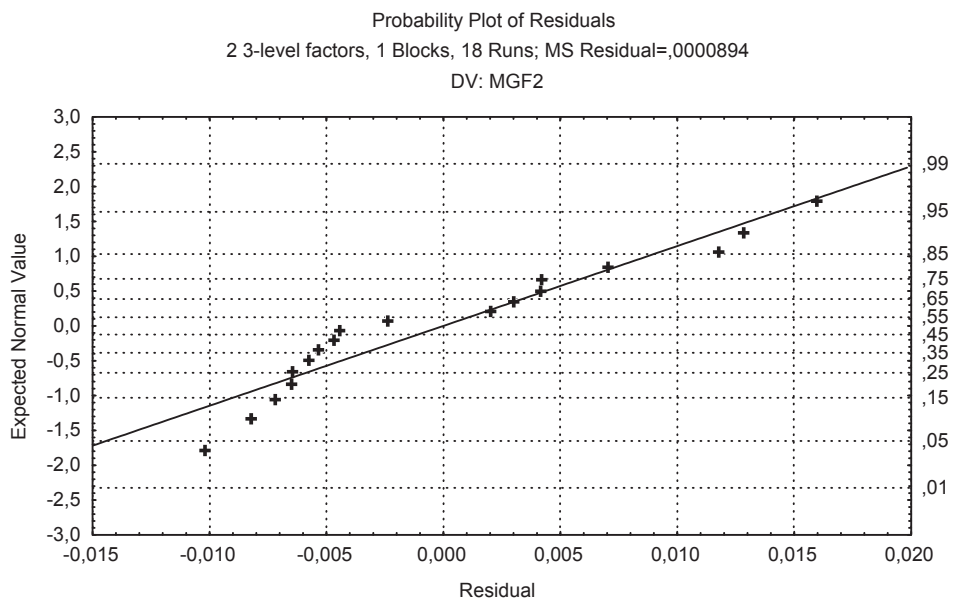
**FIGURA 4.47** - TEOR DE FLUORETO DISPONIBILIZADO PELO SELANTE PRODUZIDO À BASE DE MgF<sub>2</sub> EM mg/L PARA 100 mg DE BIOMATERIAL, SENDO H (-1 PARA ADIÇÃO DE HCl, 0 PARA H<sub>2</sub>O E +1 PARA NaOH) e S (TEOR DE SAIS NA SALIVA ARTIFICIAL, ONDE É -1 PARA A METADE DO TEOR, 0 PARA O TEOR NORMAL E +1 PARA O DOBRO DO TEOR).



**FIGURA 4.48** - GRÁFICO DE PARETO DOS EFEITOS PADRONIZADOS PARA O SELANTE À BASE DE MgF<sub>2</sub>. A LINHA p=0,05 (,05) DELIMITA OS EFEITOS IMPORTANTES, OS QUAIS APARECEM À DIREITA.



**FIGURA 4.49** - GRÁFICO DE VALORES OBSERVADOS E PREVISTOS PELO MODELO MATEMÁTICO PARA O SELANTE À BASE DE  $MgF_2$ . QUANTO MAIOR A PROXIMIDADE DOS PONTOS, MELHOR A QUALIDADE DO MODELO.



**FIGURA 4.50** - GRÁFICO ENTRE O RESÍDUO (“RESIDUAL”) VERSUS A DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES PARA DISTRIBUIÇÃO NORMAL APRESENTADOS NA FORMA LOGARÍTMICA (ESQUERDA POR MATEMÁTICA E DIREITA POR GRÁFICO ESPECIAL).

#### 4.8. COMPARAÇÃO DOS BIOMATERIAIS

Os teores médios de liberação de fluoreto para os onze biomateriais testados são mostrados na Tabela 4.22. O selante produzido com maior potencial de liberação foi o de sal de potássio, seguido ao de sódio. Os selantes com sais de cálcio e de magnésio apresentaram potenciais de liberação muito baixos e com teor de íons fluoreto similares. Os selantes dentais comerciais testados, apresentaram mesma ordem de liberação, embora o valor para o Fluoroshield tenha sido superior. Ao comparar os desvios padrões mostrados para os pares de ensaios para cada biomaterial, tem-se a falsa impressão de variação muito grande para os produtos com maiores teores de liberação. Os coeficientes de variação (CV) mostrados a seguir, ou seja a variância normalizada pelo valor médio, revelam que o grau de grandeza de variação é relativamente próximo para as faixas de concentrações medidas.

**TABELA 4.22** - TEOR DE FLUORETO MÉDIO E COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (CV) DE LIBERAÇÃO DE FLUORETO APÓS 96 HORAS PARA OS SELANTES E CIMENTOS DE IONÔMERO DE VIDRO E 3 HORAS PARA OS VERNIZES FLUORETADOS NA SALIVA ARTIFICIAL.

selante	[F <sup>-</sup> ] médio, mg/L a cada 100 mg	Coefficiente de variação, %
NaF	32,12	12,53
KF.2H <sub>2</sub> O	209,29	29,49
CaF <sub>2</sub>	0,029	63,86
MgF <sub>2</sub>	0,034	46,42
Fluroshield	0,724	23,15
Conseal F	0,606	29,39
Bifluorid 12	138,54	18,33
Fluorniz	2,477	65,12
Vidrion R	20,00	25,97
Vidrion N	2,877	70,85
Bioglass R	9,904	21,93

Sendo  $CV = 100 \cdot s/x$ , onde  $s$  é desvio padrão e  $x$  é a média

A Tabela 4.23 mostra um sumário da influência dos fatores para a liberação de íons fluoreto em saliva artificial. O fator 1 (alteração hidrogeniônica) geralmente foi importante num modelo linear [(1)H(L)] e, em algumas vezes, num modelo quadrático [(1)H(Q)]. Algumas vezes o fator 2 (teor salino) também influenciou num

modelo linear [(2)S(L)] e em uma oportunidade num modelo quadrático [(2)S(Q)]. Isto significa que uma pequena alteração da grandeza do fator pode causar uma grande mudança de comportamento de liberação de fluoreto. A interação dos dois fatores [1LBY2L] ocorreu para alguns casos.

A Tabela 4.23 também mostra que nem sempre foi característica a influência, indicado por POSS S (possivelmente significativa), ou seja, o valor do fator ficou próximo da linha de exclusão do gráfico de pareto. Isto pode ser interpretado da seguinte forma, o fator é importante em termos de modelo matemático, mas sua ordem de grandeza é muito baixa.

**TABELA 4.23** - FATORES QUE AFETAM A LIBERAÇÃO DE FLUORETO APÓS 96 HORAS PARA OS SELANTES E CIMENTOS DE IONÔMERO DE VIDRO E 3 HORAS PARA OS VERNIZES FLUORETADOS NA SALIVA ARTIFICIAL.

selante	(1)H(L)	(1)H(Q)	1LBY2L	(2)S(L)	(2)S(Q)
NaF	SIGNIF	-	POSS S	SIGNIF	POSS S
KF.2H <sub>2</sub> O	-	-	SIGNIF	-	-
CaF <sub>2</sub>	POSS S	POSS S	SIGNIF	SIGNIF	-
MgF <sub>2</sub>	-	SIGNIF	-	-	-
Fluroshield	SIGNIF	-	-	-	-
Conseal F	SIGNIF	-	-	-	-
Bifluorid 12	-	-	-	SIGNIF	-
Fluorniz	-	-	SIGNIF	SIGNIF	SIGNIF
Vidrion R	SIGNIF	-	-	-	-
Vidrion N	-	SIGNIF	-	SIGNIF	-
Bioglass	SIGNIF	-	POSS S	SIGNIF	-

Sendo SIGNIF = é afetado, - = não é afetado, POSS S = possivelmente significativo.

Outro aspecto a ser observado é que todos esses biomateriais apresentam uma quantidade finita de fluoreto em sua composição. Assim, o potencial de intoxicação que pode ocorrer com outros produtos fluoretados, como dentifrício fluoretado ou enxaguatórios fluoretados, é inexistente. Por exemplo, um dentifrício apresenta cerca de 1500 mg/L de flúor em sua composição, sendo que pode ser usado diversas vezes ao dia. Assim, este valor é muito maior do que o disponibilizado pelos biomateriais avaliados.

## 5 CONCLUSÃO

***a. O levantamento bibliográfico revelou que a doença cárie é um grande problema de saúde mundial. Não existe um consenso de como manter a saúde dental e sobre a eficiência dos biomateriais à base de fluoreto.***

As informações da literatura científica revelaram que a doença cárie é ainda muito freqüente, apesar da redução acentuada de sua incidência observada nos últimos cem anos. Mesmo em países desenvolvidos, essa redução não foi satisfatória. Por exemplo, a cárie dental em americanos reduziu 57,2% para dentes permanentes e 39,7% para dentes decíduos comparando o intervalo compreendido entre o início dos anos 70 e 90. Essa redução foi atribuída aos programas de prevenção, ou seja, maior atenção à manutenção da dentição intacta do que a dada para reparo de dentes afetados pela doença<sup>61</sup>. Por outro lado, a situação está longe do ideal. Outro estudo aponta que adultos jovens livres de cáries atualmente são raros nos Estados Unidos da América. Mostra também que esta patologia é polarizada. Assim, 20% dos americanos que têm cáries apresentam mais de 67% do total de casos<sup>62</sup>.

Os estudos bem planejados para avaliar os efeitos econômicos dos programas de prevenção são raros. Artigos encontrados na “Medline” (de 1966 até maio de 2003) por Kälestal e cols. foram considerados contraditórios. Os estudos sobre selantes dentais (classificados como resultados de baixa evidência), enxagüatório fluoretado (baixa ou moderada evidência), comprimidos com fluoreto (baixa evidência), verniz fluoretado (baixa evidência) e programas preventivos (baixa evidência) não apresentaram resultados considerados suficientemente satisfatórios<sup>63</sup>. Isto não permite um consenso na forma de como prevenir a doença.

As decisões sobre o que fazer para reduzir a cárie dental são baseadas no tripé: cirurgião-dentista, pesquisa & desenvolvimento, e sociedade & política. Diferentes tipos de programas têm sido propostos. Fluoretação da água, pasta dental (fluoretada ou não), verniz fluoretado, enxagüatório fluoretado, comprimidos de fluoreto, selante dental, educação de saúde bucal, aconselhamento dietético, instrução de higiene bucal e campanha pública são exemplos de programas aplicados isoladamente ou em conjunto<sup>64</sup>. A fluoretação da água de abastecimento

tem sido utilizada com sucesso, mas de tempos em tempos tem sofrido fortes críticas, principalmente devido à toxidez do fluoreto e do direito de livre arbítrio. Assim, projetos de Lei, como o 510/2003<sup>8</sup>, que pedem o fim da adição de flúor à água de abastecimento público têm sido propostos. Essa incerteza de continuidade, apesar de diversos estudos recomendarem esse procedimento, reforça a necessidade de estudos para compreender a ação do fluoreto na manutenção da saúde dental e o desenvolvimento de novos biomateriais como fonte de fluoreto.

***b. Os tecidos dentais mineralizados são essencialmente formados por cálcio, fósforo, oxigênio e, em menor teor, carbono.***

A espectroscopia de energia dispersiva (EDS) mostrou que a maioria dos elementos dos tecidos mineralizados do dente é composta por átomos de oxigênio (58-63%), de cálcio (17-23%) e de fósforo (10-13%). Cálcio e fósforo são mais abundantes no esmalte, seguido por dentina e cimento. O teor de oxigênio foi menor para o esmalte do que para a dentina e cimento. O teor de carbono foi importante em todos os tecidos (3,0-6,7%). Este último valor deve ser avaliado com precaução, pois os espécimes foram cobertos com carbono devido à exigência da técnica microscópica. Esses resultados confirmam a maior mineralização do esmalte do que a dentina e o cimento. Isto pode ser observado facilmente comparando as relações maiores para Ca/C, P/C e O/C. Lembrando que o Ca e P estão associados à porção mineral, principalmente na forma de hidroxiapatita e C associado à matéria orgânica. A dentina pode ser considerada mais mineralizada que o cimento pelas mesmas razões. A razão Ca/P do esmalte (1,69) observada é muito similar ao valor teórico da hidroxiapatita (1,67). Sódio (Na), silício (Si), magnésio (Mg) e alumínio (Al) também foram detectados.

A composição da dentina cariada (DC) e da dentina sadia (DS) mostraram que a DC estava proporcionalmente mais mineralizada do que a DS. O teor de Ca e P foram maiores, enquanto que o teor de O foi menor, para a dentina cariada. Isto sugere que a evolução desta cárie foi de origem proteolítica e/ou ocorreu alteração decorrente de remineralização das estruturas remanescentes.

***c. A superfície externa do dente pode incorporar íons fluoreto de uma solução de fluoreto 1 mg/L***

A fluoretação da água pode alcançar toda a comunidade de uma grande cidade como, por exemplo, Curitiba, Paraná; mesmo para mais de uma unidade de tratamento de água de abastecimento. O teor pré-definido para o fluoreto na água de abastecimento considerado ideal para certa época do ano pode ser controlado dentro de uma pequena variação. Este teor não é alterado pelo sistema de distribuição e de estocagem residencial<sup>65</sup>. O dente pode absorver íons fluoreto de uma solução aquosa. O dente imerso longitudinalmente provocou redução dos íons fluoreto presentes em uma solução de NaF correspondendo a 1 mg de F por litro, o qual geralmente é o valor estabelecido para a fluoretação da água de abastecimento. Esse valor pode ser um pouco menor ou maior dependendo da temperatura ambiente, a qual promove um consumo maior de água no verão e menor no inverno<sup>66</sup>.

***d. A EDS confirmou que o dente pode incorporar íons fluoreto. Um tratamento prévio com gel de ácido fosfórico a 37% favoreceu essa incorporação. O tempo ideal de condicionamento prévio foi de 15s. O fluoreto foi incorporado tanto pelo cimento quanto pelo esmalte, sendo maior para o primeiro tecido. O fluoreto foi detectado apenas na camada superficial.***

O fluoreto foi detectado por EDS na superfície dental exposta à solução de fluoreto. Este elemento foi identificado apenas na camada superficial da coroa e da raiz. A raiz incorporou mais íons fluoreto que a coroa, ou seja, o cimento incorpora mais facilmente o fluoreto que o esmalte. Os eventos de desmineralização pelos quais passam normalmente as superfícies dentais são freqüentes no dia-a-dia. Essa desmineralização foi simulada por ação de gel de ácido fosfórico a 37% por 15s. Este processo aumentou a fluoretação dental, a qual foi avaliada pela redução maior do teor de íons fluoreto de uma solução 1 mg/L deste elemento. O tratamento ácido em tempos maiores, até 120s, não aumentou o fenômeno de fluoretação dental.

***e. As águas minerais e sucos de fruta (laranja, pêsego e uva) comercializados no município de Curitiba não são fontes importantes de íons fluoreto.***

Os alimentos podem ser uma fonte de íons fluoreto em potencial. Este estudo exploratório revelou que não existe uma contribuição importante de íons fluoreto para os produtos avaliados. O pH também foi avaliado para relacionar com a saúde dental. O pH das águas minerais analisadas sempre foi superior a 5,5, denominado pH crítico. O pH observado nos sucos foi sempre inferior ao pH 5,5, onde existe preponderância de desmineralização da hidroxiapatita, o que pode ser considerado negativo para a saúde dental.

***f. A avaliação do potencial de liberação de íons fluoreto por biomateriais odontológicos com uso de saliva artificial pode ser feito com eletrodo de íon seletivo para fluoreto.***

A liberação de fluoreto foi simulada em 15 mL de saliva artificial e em condições fisiologicamente diferentes, sendo numa condição em que apresentava sais com teor que simulava a saliva normal, outra que simulava o dobro da concentração e, por último, outra com a metade da concentração. A concentração de sais na saliva vai gradativamente aumentando com a idade, bem como quando passa do estado de estímulo para o estado de repouso. Ainda, a saliva ao sair dos dutos pode receber íons hidrogênio, devido à acidogênese bacteriana, ou íons hidróxido, devido à biotransformação de proteínas ricas em arginina com geração de compostos amoniacais. Assim, o pH pode variar dentro da faixa estudada. O tempo de liberação foi planejado de acordo com a ação clínica, sendo de 3 h para vernizes e 96h para os demais biomateriais. O eletrodo deve ser calibrado para as diferentes condições de experimento.

***f1. Os vernizes Bifluorid 12 e Fluorniz liberam íons fluoreto em saliva artificial, sendo que o primeiro disponibiliza mais fluoreto.***

O verniz fluoretado comercial Bifluorid 12 desorveu em 10 mL de saliva artificial, em média, 87 mg/L de íons fluoreto, o que foi muito superior aos 1,7 mg/L do Fluorniz. Ambos foram influenciados pelo teor de sais da saliva.

***f2. Os cimentos de ionômero de vidro (CIV) restauradores, Vidrion R e Bioglass R, liberam mais íons fluoreto do que o CIV Vidrion N, usado para confecção de núcleo de preenchimento.***

Os CIV testados desorveram fluoreto em 10 mL de saliva artificial entre 2,9 e 20,0 mg/L para cada 100 mg de biomaterial. O Vidrion R liberou mais íons fluoreto que o Bioglass R. O Vidrion N também liberou fluoreto, sendo em teor muito menor do que os dois anteriores. A alteração hidrogeniônica influenciou a liberação para os três biomateriais. No caso do Vidrion N, a influência foi na ordem quadrática, o que sugere um comportamento muito complexo. Ainda, para o Vidrion N, o teor de sais também influenciou a liberação de fluoreto. O Bioglass R também foi influenciado pela salinidade e, possivelmente, pela interação dos dois fatores.

***f3. Os selantes comerciais Fluroshield e Conseal F liberam íons fluoreto em saliva artificial, mas em menor quantidade que os CIVs.***

O selante resinoso fluoretado pode liberar íons fluoreto em água e soluções salinas. A presença de sais na solução, por exemplo, no TISAB (tampão de ajuste de pH e força iônica) ou no tampão acetato ou fosfato com diferentes valores de pH, inibe a liberação. O equilíbrio de liberação geralmente é atingido para cerca de 96h<sup>67</sup>. Assim, uma solução padrão foi escolhida para o estudo comparativo de sorção (incorporação/liberação) e que simulasse as condições fisiológicas, como dito anteriormente.

Os selantes comerciais testados liberaram íons fluoreto em saliva artificial na ordem de 0,650 mg/L para cada 100 mg de selante. O poder de liberação dependeu da alteração do potencial hidrogeniônico (pH).

***f4. Selantes à base de Bis-GMA com diferentes sais de fluoreto liberam este íon em saliva artificial. Os selantes com fluoreto de potássio ou de sódio liberam grande quantidade do íon de interesse.***

Vários selantes com potencial de liberação de fluoreto foram produzidos com diferentes cátions associados. O maior potencial de liberação foi para sais de potássio, seguido de sais de sódio, de cálcio e de magnésio. Os dois últimos sais tiveram comportamentos relativamente similares e apresentaram baixíssimos teores de sais liberados, o que pode ser atribuído às suas baixas solubilidades em água.

O selante de sódio liberou fluoreto em 10 mL de saliva artificial, de modo que, em média, atingiu 32 mg/L de íons fluoreto para cada 100 mg de biomaterial. Como foi visto anteriormente, esse teor é alto suficiente para promover a fluoretação dental. O teor de sais na saliva influenciou a liberação de fluoreto do selante. O fluoreto foi mais desorvido em saliva com baixa concentração, como observado na fase infantil. A alteração do potencial hidrogeniônico também influenciou a liberação. Ao contrário do desejado, o fluoreto foi mais desorvido em maior disponibilidade de íons hidróxido, ou seja, quando ocorre menor desmineralização da hidroxiapatita. Por outro lado, 12 a 31 mg/L foram liberados na condição mais favorável à desmineralização, ou seja, a cárie será inibida e a remineralização com produção de apatita fluoretada é potencializada.

O selante de potássio liberou em média 209 mg/L de íons por 100 mg de selante. Esse valor é extremamente superior aos demais. Essa liberação foi dependente da interação dos dois fatores lineares. Clinicamente, esse selante poderia ser indicado para uma condição de modificação severa do desenvolvimento de cárie.

## 6 PERSPECTIVAS FUTURAS

A incorporação de íons fluoreto no tecido dental, principalmente no esmalte, deve ser mais bem estudada. O estudo deve ser estendido desde a limpeza dental, alteração química do ambiente bucal, a aplicação de produtos à base de fluoreto e toxidez do fluoreto.

Fontes naturais de fluoreto devem ser exploradas, principalmente em alimentos consumidos sistematicamente, como bebidas, cereais e carnes.

Os biomateriais já comercializados e os novos produtos desenvolvidos devem ser testados clinicamente através de programas de prevenção de saúde bucal com elevado número de participantes.

Outros biomateriais à base de fluoreto para selamento dental devem ser desenvolvidos a partir dos dados gerados, bem como novas filosofias de aplicação clínica.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

- 1 RATNER, B.D, HOFFMAN, A.S.; SCHOEN, F.J.; LEMONS, J.E. **Biomaterials Science: an Introduction to Materials in Medicine**. Academic Press, San Diego, 1996.
- 2 STEPHEN, K.W. **Fluoride prospects for the new millennium – community and individual patient aspects**. Acta Odontol. Scand. v.57, p.352-355, 1999.
- 3 GUYTON, A.C. **Tratado de Fisiologia Médica**. 8<sup>a</sup>. ed., Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 1992.
- 4 AKPATA, E.S. **Occurrence and management of dental fluorosis**. Intern. Dental J. v.51, p.325-333, 2001.
- 5 FEJERSON, O., LARSEN, M.J., RICHARDS, A., BAELUM, V., **Dental tissue effects of fluoride**. Adv. Dent. Res. v.8, n.1, p.15-31, 1994.
- 6 KLEEREKOPER, M. A. **Non-dental tissue effects of fluoride**. Adv. Dent. Res. v.8, n.1, p.32-38, 1994.
- 7 MCNALLY, M., DOWNIE, J. **The ethics of water fluoridation**. J. Can. Dent. Assoc. v.66, n.11, p.592-593, 2000.
- 8 JABO (Jornal da Associação Brasileira de odontologia), **PL do flúor é devolvido pela CME**. Ano XX, n. 86, Nov./Dez., 2003. p.18.
- 9 NORDI, P.P; GARCIA, S.; VARJÃO, F.M.; DINELLI, W. **Retorno periódico: importância na manutenção da saúde bucal**. Rev. ABO Nac. v.12, n.1, p.38-41, 2004.
- 10 ROZIER, R. G. **Effectiveness of methods used by dental professionals for the primary prevention of dental caries**. Journal of Dental Education. v.65, n. 10, p.1063-1072, 2001.
- 11 MOIMAZ, S.A.S.; SALIBA, C.A.; SALIBA, N.A.; COSTA, C.A.; SOUZA, R.P.M.M.; SALIBA, T.A. **Utilização de métodos preventivos em consultórios particulares**. Rev. ABO Nac. v.9, n.6, p.372-378, 2002.
- 12 SILVA, R.F.; BONFIM, F.P.; ALVES. A.C. **Utilização de diaminafluoreto de prata em odontopediatria**. Rev. ABO Nac. v.10, n.1. p.43-47, 2002.

- 
- 13 AMORIM, V.C.S.A.; SANTOS, M.F.S. **Visão que a criança tem do cirurgião-dentista através da interpretação de desenhos.** Rev. ABO Nac. v.7, n.6, p.359-363, 2000.
- 14 COUTO, G.B.L.; GARCIA, E.B.; MARANHÃO, V.F.; VASCONCELOS, M.M.V.B. **Avaliação do perfil de pacientes infantis atendidos sob anestesia geral.** Rev. ABO Nac. v.9, n.4, p.221-227. 2001.
- 15 VALLE, D.D.; VIANNA, R.B.C.; QUINTANILHA, L.E.L.P.; NEVES, T.F. **Avaliação de um programa de saúde utilizando diferentes indicadores: estudo piloto.** Rev. ABO Nac. v.11, n.5., p.299-303, 2003.
- 16 CURY, J.A., HASHIZUME, L.N., DEL BEL CURY, A.A., TABCHOURY, C.P. **Effect of dentifrice containing fluoride and/or baking soda on enamel demineralization/ remineralization: an in situ study.** Caries Research, v.35, n.2, p.106-110, 2001.
- 17 PANZERI, H.; LARA, E.H.G; PEDRAZI, V. **Estudo clínico comparativo entre a capacidade de remoção de placa interdental de quatro tipos de fio dental.** Rev. ABO nac., v.9, n.5. p.295-301, 2001.
- 18 SOUZA, I.; PRIMO, L.; SILVA, L.; CORDEIRO, P.; VIANNA. **Fluoride uptake in situ after use of dental floss with fluoride.** Medcenter.com.  
<http://www.odontologia.com.br/imprimir.asp?id=218&idesp=12>, 24/06/2004 7p.
- 19 LOBO, M.M.; MATHIAS, P.; FONTES, C.M. **Diagnóstico de lesões cariosas em superfície oclusal.** Rev. ABO Nac. v.11., n.5., p.304-309, 2003.
- 20 FERNANDES, L.M.A.G.; CRUZ, M.B., SILVA, E.M.; ASSUNÇÃO, I.V.; OLIVEIRA, M.A.F. **Métodos de diagnóstico de cárie: uma comparação clínica.** Rev. ABO Nac. v.7, n.6, p.337-343 , 2000.
- 21 McCOMB, D. **Systematic review of conservative operative caries management strategies.** Journal of Dental Education. v.65., n.10. p.1154-1161, 2001.
- 22 MAIER, F.J. **Fluoración del agua potable.** Organización Panamericana de la Saude, Washington. 253p. 1971.
- 23 LAZZARI, E.P. **Bioquímica Dental.** 2 ed. Interamericana, México. 335p. 1978.

- 
- 24 FERREIRA, S.T.; SAMPAIO, J.E.C.; SAMPAIO, A. **Sensibilidade dentinária: formas de tratamento.** Rev. ABO Nac., v.9, n.2, p.151-156, 2001.
- 25 DELBEM, A.C.B.; SASSAKI, K.T.; CASTRO, A.M.; PINTO, L.M.C.P.; BERGAMASCHI, M. **Avaliação do teor de flúor de soluções para bochecho e de géis e o risco de intoxicação aguda.** Rev. ABO Nac. v.11., n.3. p.188-193, 2003.
- 26 TWETMAN, S.; PETERSSON, L.G.; PAKHOMOV, G.N. **Caries incidence in relation to salivary mutans Streptococci and fluoride varnish applications in preschool children from low- and optimal-fluoride areas.** Caries Res., v. 30, p.347-353, 1996.
- 27 SEPPÄ, L.; KÄRKKÄINEN, S.; HAUSEN, H. **Caries trends 1992-1998 in two low-fluoride Finnish towns formerly with and without fluoridation.** Caries Research. v.34., p.462-468, 2000.
- 28 BLINKHORN, A.; DAVIES, A. **Using fluoride varnish in the practice.** British Dental Journal, v.185. n.6. p.280-281, 1998.
- 29 COSTA, C.A.S.; GONZAGA, H.F.S.; DUARTE, M.V.; HEBLING, J. **Uso do Duraphat como protetor pulpar.** RGO. v.44, n.3, p.131-134, 1996a.
- 30 COSTA, C.A.S.; BENATTI NETO, C.; VICENTINI, L.E.M.; GONZAGA, H.F.S.; HEBLING, J. **Compatibilidade biológica do verniz fluoretado Duraphat, quando aplicado sobre dentina em molares de ratos.** Rev. Odontol. UNESP v.25, n.1, p.61-68, 1996b.
- 31 PETERSSON, L.G.; WESTERBERG, I. **Intensive fluoride varnish program in swedish adolescents: economic assessment of a 7-year follow-up study on proximal caries incidence.** Caries Research. v. 28. p.59-63, 1994.
- 32 SEPPÄ, L.; LEPPÄNEN, T.; HAUSEN, H. **Fluoride varnish versus acidulated phosphate fluoride gel: a 3-year clinical trial.** Caries Res., v.29, p.327-330, 1995.
- 33 ATTIN, T.; HARTMANN, °; HILGERS, R.-D.; HELLWIG, E. **Fluoride retention of incipient enamel lesions after treatment with a calcium fluoride varnish *in vivo*.** Archs. Oral Biol. v.40, n.3, p.169-174, 1995.

- 
- 34 TWETMAN, S.; PETERSSON, L.G. **Efficacy of a chlorhexidine and a chlorhexidine-fluoride varnish mixture to decrease interdental levels of mutans Streptococci.** Caries Res. v.31. p.361-365, 1997.
- 35 TWETMAN, S.; SKÖLD-LARSSON, K.; MODÉER, T. **Fluoride concentration in whole saliva and separate gland secretions after topical treatment with different fluoride varnishes.** Acta Odontol. Scand. v.57. p.263-266, 1999.
- 36 SCHREINER, C.C.; ROCHA, J.C. **Prevalência e localização de manchas brancas no esmalte dentário em escolares do Município de São José dos Campos.** Rev. ABO Nac. v.11, n.5. p.293-298, 2003.
- 37 OLIVERIA, A.F.B.; ROSENBLATT, A. **Defeitos do esmalte: o que o odontopediatra precisa saber.** Rev. ABO Nac. v.10., n.5, p.274-277, 2002.
- 38 RIPA, L.W. **Sealants revisited: an update of the effectiveness of pit-and-fissures sealants.** Caries Research. Suppl.1. p.77-82, 1993.
- 39 ALENCAR, F.; TOMITA, N.E. **Uso de selantes em Saúde Coletiva: uma análise histórica.** Rev. ABO Nac. v.11, n. 4, p.223-229, 2003.
- 40 HASSAL, D.C.; MELLOR, A.C. **An investigation into sealant restorariion usage in general dental pratice in England.** British Dental Journal. v.191. n.7. p.388-390, 2001.
- 41 ARANHA, J.R.P. & STRUTZ, V.B. **Selantes de fossas e fissuras: revisão da literatura.** Rev. Odontol. UNICID. v. 7, n.2. p.109-116, 1995.
- 42 SOL, E.; ESPASA, E.; BOJ, J.R.; CANALDA, C. **Effect of diffent prophilaxis methods on sealant adhesion.** The Journal of Clinical Pediatric Dentistry. v.24, n.3. 211-214, 2000.
- 43 MOTA, L.Q.; FARIAS, C.M.M.; LIMA, M.G.G.C.; PEREIRA, J.V. **Uma abordagem atual para a utilização dos selantes na clínica odontológica.** Rev. ABO Nac. v.12, n.1, p.22-27, 2004.
- 44 HICKS, M.J.; FLAITZ, C.M.; GARCIA-GODOY, F. **Fluoride-releasing sealant and caries-like enamel lesion formation *in vitro*.** The Journal of Clinical Pediatric Dentistry. v.24, n.3. p.215-219, 2000.

- 
- 45 PALMA, R.G; ONISHI, A.L.; TOMITA, N.E.; PASSANEZI, S. **Avaliação clínica dos teores de flúor liberados por um selante fluoretado.** Rev. Odontol. Univ. São Paulo. v. 8, n. 3. p.181-185, 1994.
- 46 GARCIA-GODOY, F; ABARZUA, I.; DE GOES, M.F.; CHAN, D.C.N. **Fluoride release from fissure sealants.** The Journal of Clinical Pediatric Dentistry. v.22, n.1, p.45-49, 1997.
- 47 KOMATSU, H.; SHIMOKOBE, H.; KAWAKAMI, S.; YOSHIMURA, M. **Caries-preventive effect of glass ionomer sealant reapplication: study presents three-year results.** JADA, v. 125, p.543-549, 1994.
- 48 WEINTRAUB, J.A. **Pit and fissure sealants in high-caries-risk individuals.** Journal of Dental Education. v.65. n.10. p.1084-1090, 2001.
- 49 HICKS, M.J.; FLAITZ, C.M. **Occlusal caries formation in vitro: comparison of resin-modified glass ionomer with fluoride-releasing sealant.** The Journal of Clinical Pediatric Dentistry. v.24, n.4. p.309-314, 2000.
- 50 LOYOLA-RODRIGUEZ, J.P.; GARCIA-GODOY, F. **Antibacterial activity of fluoride release sealants on mutans Streptococci.** The Journal of Clinical Pediatric Dentistry. v.20, n.2. p.109-111, 1996
- 51 LYGIDAKIS, N.A.; OULIS, K.I. **A comparison of Fluroshield with Delton fissure sealant: four year results.** Pediatric Dentistry, v.21, n.7. 429-431, 1999.
- 52 SUNDFELD, R.H.; KOMATSU, J.; HOLLAND JUNIOR, C.; HOEPPNER, M.G. **Análise da retenção e penetração de um selante com flúor (Fluroshield).** Rev. APCD. v.48, n.1. p.1251-1255. 1994.
- 53 SILVA, R.C.S.P.; REGO, M.A.; ARAÚJO, M.A.M. **Uso de cimento de ionômero de vidro fotoativado e selante com carga e flúor no selamento oclusal.** Rev. Odontol. UNICID, v.8., n.2, p.95-102, 1996.
- 54 VONO, B.G.; VONO, A.Z., FIGUEIREDO, M.C. **Técnica invasiva de selamento de fóssulas e fissuras: comparação entre selante com carga e flúor e ionômero de vidro.** Rev. FOB, v.4, n. 314, p.9-16, 1996.
- 55 RECLARU, L.; MEYER, J.-M. **Zonal coulometric analysis of the corrosion resistance of dental alloys.** J. Dent., v.23, n.5, p.301-311, 1995.

- 
- 56 SPADNS methods. **Standard Methods fo Examination of Water and Wastewater**. 17<sup>a</sup> ed., American Public Health Association, Washington, v.4. p.89, 1989.
- 57 BARROS NETO, B.; SCARMINIO, I.S.; BRUNS, R.E. **Planejamento e otimização de experimentos**. Campinas: Editora Unicamp, 1995.
- 58 THYLSTRUP, A.; FEJERSKOV, A. **Cariologia clínica**. 2. ed. São Paulo: Livraria e Editora Santos, 1995.
- 59 BHASKAR, S.N. **Histologia e embriologia geral de Orban**. 10. ed. São Paulo: Artes Médicas, 1989.
- 60 SILVA, R.A.F.; KOLBE, K.R.; MATHIAS, S.A.; ULBRICH, N.L.; MATHIAS, A.L. **Avaliação de resposta de eletrodo de íon seletivo para F<sup>-</sup> em saliva artificial**. 11<sup>o</sup> EVINCI da UFPR, Curitiba, 11 a 13 de novembro, 2003.
- 61 BROWN, L.J., WALL, T.P., LAZAR, V. **Trends in total caries experience: permanent and primary teeth**. v.131, p.223-231, JADA. 2000.
- 62 HICKS, J., GARCIA-GODOY, F., FLAITZ, C., J. **Biological factors in dental caries enamel structure and the caries process in the dynamic process of demineralization and remineralization (part 2)**. Clin. Pediatr. Dent., v.28, n.2, p.119-124, 2003.
- 63 KÄLLESTAL, C., NORLUND, A., SÖDER, B., NORDENRAM, G.; DAHLGREN, H. PETERSSON, L.G., LAGERLÖF, F., AXELSSON, S., LINGSTRÖM, P., MEJÅRE, I., HOLM, A.K., TWETMAN, S. **Economic evaluation of dental caries prevention: a systematic review**. Acta Odontol. Scand. v.61, p.341-346., 2003.
- 64 SCHWARZ, E. **Is carie prevention cost-effective? Does anybody care?** Acta Odontol. Scand., v.56, p.187-192, 1998.
- 65 MATHIAS, A.L.; MATHIAS, S.A. **Development of biomaterials - pit and fissure sealant fluoride realising biomaterial for use in the oral cavity**. *Metals, Materials and Processes, Meshad Science*, ISSN 0970:423X, Mumbai, Índia. (SUBMETIDO em Janeiro de 2005).

- 
- 66 MATHIAS, A.L., MATHIAS, S.A. **Avaliação dos níveis de fluoreto na água de abastecimento de Curitiba.** 18<sup>a</sup> Reunião da Sociedade Brasileira de Química, Caxambú, MG, 30 de maio a 2 de junho, 1995.
- 67 WALTER, K., MATHIAS, S.A., ZAMORA, P.P., MATHIAS, A.L. **Influência do pH na dessorção e adsorção de íons fluoreto pelo selante de fósulas e fissuras Fluroshield (Dentsply).** JBC&E, v., n.17, p.63-68. 1999.

## 8 ANEXO

## DEVELOPMENT OF BIOMATERIALS - PIT AND FISSURE SEALANT FLUORIDE REALISING BIOMATERIAL FOR USE IN THE ORAL CAVITY

Alvaro Luiz Mathias \* and Simone de Almeida Mathias.

*Laboratório de Biomateriais, Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal do Paraná, CP 19011, 81531-990, Curitiba - PR - Brasil*

**Abstract:** This paper presents a brief overview of the R & D carried out in the area of biomaterials in the Department of Chemical Engineering, UFPR, Curitiba. The aim of this study was the development of a biomaterial capable of releasing fluoride. Studies on fluoride concentration in fluoridated water and the phenomenon involved in the incorporation of fluoride in the tissues of the tooth have been done. Fluoride concentration in the fluoridated water of Curitiba, Paraná, Brazil was measured by SPADNS methods. Concentration of fluoride was relatively uniform in the residences evaluated. Surface morphology of teeth with and without immersion in NaF 1 mg/L have been analysed using Scanning Electron Microscopy (SEM) and Electron-Dispersive Spectroscopy (EDS), which is a detector used to evaluate their superficial composition. Fluoride was detected only in the dental piece immersed in the NaF 1 mg/L aqueous solutions. This element was detected in the cement, superficial tissue of the root, and enamel, superficial tissue of the crown, but it was not found in layer inner. Fluoride-releasing pit and fissure sealant was prepared using bis-phenol A and glycidil methacrylate as organic matrix to adhere to the teeth, which also contained sodium fluoride as source of fluoride. Fluoride released by biomaterial in 10 mL of artificial saliva was determined by specific electrode. 12 to 62 mg/L were released in different conditions of salt grade and addition of acid or alkaline solutions. This newly developed biomaterial releases fluoride in higher concentration than that found in usual sources.

**Key-words:** biomaterial, sealant, fluoride, dental materials

Corresponding author: \* mathias@ufpr.br

## 1. INTRODUCTION

The development of biomaterials is stimulated by several needs of biological and medical areas. It comprehends medical requirements, basic research, technological development, bioethics and federal regulations. The term “biomaterial” was coined first at the early Clemson University Biomaterials Symposia in the late 1960s. In 1975, the Society for Biomaterials was founded. Biomaterials can be defined as “materials to be implanted in the body used as simple materials or integrated into devices to interact with biological systems with adequate host response”. Substitute heart valves, intra-ocular lenses, dental implants and dental sealant are some examples of biomaterials applications<sup>1</sup>.

Fluor cannot be designated as an element indispensable to the human metabolic activity. However, low quantities of fluoride are considered to prevent dental caries, mainly during the period of development of teeth. Fluoride can act in two different ways. It inhibits bacterial enzymes, therefore reducing organic acid, which is responsible for the demineralisation of dental enamel. It can also substitute hydroxyl group in the hydroxyapatite, producing fluoridated hydroxyapatite, which is less soluble than pure hydroxyapatite. Thus, fluoride reduces the incidence of dental caries and corrects some tooth superficial irregularities. In fact, fluoridated teeth are about three times more caries-resistant than non-fluoridated. On the other hand, excessive intake of fluoride provokes fluorosis. This teeth alteration generally is only aesthetic and can be corrected<sup>2</sup>. This can be identified as white spots, from low to medium intensity, or darkened spots with or without loss of dental enamel structure. In the last case, osseous tissue can be affected too<sup>3</sup>. Fluorosis can be treated aesthetically by bleaching, micro-abrasion, veneering or crowing. The choice of the treatment depends on the severity of the fluorosis<sup>4</sup>, but these treatments can be expensive and, in some case, aggressive. Hence, cautious use of fluoride supplements and supervision in the use of fluoride can be necessary<sup>4,5</sup>.

## 2. BACKGROUND

Biomaterials research started in the Department of Chemistry of UFPR in 1994. Production of oils from cloves and from a native tree (“craveiro”) was the first study<sup>6,7</sup>. The main component of these oils was eugenol, which can be used together with zinc oxide to produce a well-known restoration material used in Dentistry. Studies of the fluoride ions with regard to oral health started in the same year<sup>8</sup>. Different sealants have been developed in order to release fluoride in adequate quantities for prevention and treatment of dental caries. Recently, other biomaterials have been studied such as fibre-reinforced fixed bridges, posts of glass fibre and osteoinductive materials for regeneration of bone defects. In this paper a brief review is presented along with a report on some of the contributions in the study of the influence of fluoride and potential of a NaF sealant to maintain dental health.

### 2.1. Health impact

Dental caries is a complex disease. It afflicts a large proportion of world’s population regardless of gender, age and ethnicity, but is more common in individuals with low socio-economic status<sup>9</sup>. United States and European countries have declining caries index. However, approximately 10% only of North-American adolescents enter adulthood as caries-free individuals. This pathology is polarised too. One-fifth of individuals who present caries represent about two-thirds of the total caries. Cariogenic bacteria levels within saliva and plaque determine whether caries will develop or not. Flow rate and composition of saliva and plaque, modulated by the oral hygiene practice,

related to the type of carbohydrate and frequency of ingestion will determine if the disease will occur or not<sup>10</sup>.

## 2.2. Caries-prevention programs

Well-conducted studies to search the health-economic effects of the caries-prevention programs are scarce. Articles found in Medline (from 1966 until May, 2003) show that there are contradictory results from studies on fissure sealants (classified as low evidence values), fluoride rinsing (low and moderate evidence values), fluoride tablets (low evidence values), fluoride varnish (low evidence values), and from preventive programs (low evidence values)<sup>11</sup>.

## 2.3. Dental Caries

Tooth is an organ formed by three mineralised tissues, enamel, dentine and cementum. Dentine takes a larger part of the tooth. Odontoblasts, cells that produce dentine, maintain projections only in its inner layer as well as in the pulp space. Dentine is out-covered by cementum in the root and by enamel in the crown. Odontoblasts are active cells and can produce more dentine, although limited. Cementum can be produced by cementoblasts. On the other hand, enamel is an acellular tissue and could not be re-synthesised. The crown, the part of tooth exposed to oral cavity, is usually the first tissue affected by caries without some cellular activity to inhibit<sup>10</sup>. Dental enamel is a higher mineralised part. It is composed of hydroxyapatite (92-94%), water (2-3%), carbonate (2%), fluoride (0.01-0.05%), trace elements (sodium, magnesium, potassium, chloride, zinc, 1%) and proteins and lipids (<1%). Post-eruption maturation of enamel surfaces is a critical period. Hence, the enamel caries susceptibility is at its greatest level at the time of eruption. During maturation period acidogenic episodes occur, which can lead to caries or not (if the more soluble carbonate-rich HAP is replaced for more resistant HAP). Presence of fluoride in this phase facilitates the production of fluorapatite, which is less soluble than hydroxyapatite in same pH value<sup>10</sup>.

## 2.4. Saliva

Saliva is an oral fluid secreted from major and minor salivary glands. Its functions can be summarised as sensory sensation system, phonation improvement, swallowing facilitation, source of digestive enzymes, lubrication and humidification, surface coating of mucosa and teeth, immune surveillance, source of protein with anti-microbial activity, aggregation of particle material and micro-organisms for oral clearance and modulation of demineralisation and remineralisation of tooth structure. The majority of these is involved with tooth protection to avoid dental caries<sup>10</sup>. So, salivary flow rate, buffering capacity, calcium phosphate binding proteins can be outlined to inhibit dental caries, besides anti-microbial activity, immune surveillance, micro-organism aggregation and clearance from the oral cavity<sup>9</sup>.

## 2.5. Process of demineralisation and remineralisation

Enamel is composed of numerous crystals of hydroxyapatite (HA), which is involved in a minute residual organic matrix. Composition of dental hydroxyapatite  $(Ca, Mg, Na, Sr, Se, Zn)_{10}(PO_4, HPO_4, CO_3)_6(OH)_2$  is more complex than pure hydroxyapatite  $(Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2)$ . Some of these ions are lost (demineralisation) and other incorporated (remineralisation) from saliva<sup>9</sup>.

Partial dissolution of dental HA occurs due to acidic pH produced by organic acids excreted by acidogenic bacteria, but also to the ingestion of acidic beverages and foods<sup>10</sup>. Remineralisation may be enhanced by providing low levels of calcium and phosphate associated with minimum concentration of fluoride (< 1 mg/L). Fluoride is present within dental plaque and acts as a

catalyst and influences reaction rates, transformation of various calcium phosphate mineral phases, which favours production of fluorhydroxyapatite<sup>12</sup>.

The caries lesion begins with enamel demineralisation in repeated episodes of prolonged exposure to acidic conditions. This phenomenon is more important to pH below of 5.5 (denominated critical pH). Remineralisation occurs with increase of pH that can reach almost 7.0. The dynamic equilibrium between demineralisation and remineralisation will determinate health or disease. The failure in remove plaque from retentive tooth areas allow the preponderance of demineralisation, hence develop dental caries<sup>10</sup>. First stage of clinically detectable caries is called "white spot lesion". It was reported that 25% progressed onto cavitation, while 32% were remineralised lesion and 43% became arrested lesion. Cavitation could occur slowly and could take up to 7 years, which support the theory that there is an ample opportunity for intervention to be remineralised<sup>12</sup>. Nevertheless, diagnosis of dental caries can be difficult, mainly due to interproximal caries detection. Visual and tactile techniques are also frequently used to detect occlusal caries. However, radiograph viewing techniques can be indispensable in several pits and fissures caries. Disease starts below the surface becoming impossible to detect it. Interproximal caries detection is rare without use of radiographic diagnosis. Thus, caries preventive techniques must be preferred<sup>13</sup>.

## 2.6. Fluoride

Fluoride is classified as trace elements because it is active in small amounts (a range of part per million). However, this element is present in the environment in greater amounts<sup>14</sup>. Fluoride present in saliva can be incorporated to the hydroxyapatite in post-eruption maturation of enamel surfaces and exposed root surfaces. It also can be incorporated in repetitive processes of demineralisation and remineralisation (DES-RE process)<sup>10</sup>. Remineralisation and post-eruption maturation increase with increase of fluoride<sup>12</sup>. Fluorhydroxyapatite is the product obtained, which is less soluble than pure hydroxyapatite to a pH value. Caries reduction in post-eruption maturation can be obtained with topical fluoride. Caries reduction was reported for several products, sodium fluoride (43%), acidulated phosphate fluoride (36-63%) and stannous fluoride (61-84%)<sup>10</sup>. Hence, the mainstay in caries prevention and remineralisation is based on fluoride product. Fluoride use is not limited to professional intervention, as application of fluoride varnishes. Fluoridated toothpaste, supplemented by fluoride mouthrinse and chewing gum containing calcium phosphate stabilised by casein phosphopeptide are examples of products used directly by the population<sup>12</sup>.

Man gains the greatest part of his fluoride intake from daily ingestion of food and water. The dominant source is drinking water, but fluoridated dentifrice may contribute significantly to the total daily intake. There is no consensus on the level of fluoride acceptable in various food and beverages consumed on a daily basis. Fluoridation of the public water supply represents one of the most successful public health measures ever undertaken. The recommended level of water fluoridation for optimum dental caries reduction is 0.7 to 1.0 mg/L, while 4.0 mg/L is the maximum level allowed<sup>14</sup>.

Fluorides action appears to be limited to dental surface. Its efficiency is better to systematic action through frequent topic application of products with low grade. Several strategies are used or can be used to community action, artificial water fluoridation, food fluoridation (salt, food , milk and sugar) and fluoride supplements for systematic action (toothpicks, dental flosses, tablet). Topical fluoride can be produced by fluoridated toothpastes, fluoride rinses, topical fluoride gels and solution, fluoride varnishes, fluoride-releasing preventive (sealant) and restorative materials and cements. These techniques are usually applied to individual action. Inadequate employment

of the collective techniques can produce fluorosis. Socio-economic level can affect oral hygiene habits and the fluoride dentifrice ingestion, which can avoid caries or can produce fluorosis.

Fluoridation of water in Brazil was initiated based on studies similar to these. Baixo Gandu, Espírito Santo State, was the first city district to establish fluoridation water supply procedures in Brazil. Environmental temperature needs to be considered in order to administer fluoride, for consumption of water is as high as temperature goes up, which leads to a lower fluoride grade in the summer and a higher one during winter. Fluoridation of water used in several cities of Brazil confirmed the effectiveness of this practice. For example, dental caries diminished by 39.9% during 1958 to 1981 in Curitiba, Brazil<sup>15</sup>.

The prevalence of fluorosis from very mild to severe was 37.8% (natural fluoride 0.7 to 4.0 mg/L), 25.8% (optimum fluoride, 0.7 to 1.2 mg/L) and 15.5% (sub-optimal < 0.7 mg/L) in 1986-1987. Data of 1930s revealed values of 7% (0.6-0.7 mg/L), 12% (0.9 mg/L), 15% (1.2 mg/L), 25% (1.2-1.3 mg/L) and 40% (1.8 mg/L). So, exposure to multiple source of fluoride may explain the increase in enamel fluorosis from 1930s to 1980s. Evidence of simultaneous sources of fluoride indicates the need to reinforce guidelines for the appropriate use of fluorides and promote research on measuring total fluoride exposure<sup>16</sup>. One alternative to avoid fluorosis could be to use lower fluoride grade to fluoridation of water and use a fluoride-releasing material, like fissure sealant.

## 2.7. Fissure sealant

Fissure sealant was introduced in the late 1960s, mainly to prevent caries in pit and fissures of occlusal surfaces of premolars and molars. This surface is pre-treated with acid and a thin layer of resin is directly applied on the fissures. Saliva contamination after the acid-etch reduces retention of resin. Cure of resin was initially based in ultraviolet light photo-polymerisation, through auto-polymerisation (chemical reaction) and visible light photo-polymerisation. Recently, fluoride was incorporated in the resin. Glass ionomer cement was introduced as an alternative to the resin sealant. It is not so sensible to moisture and could release fluoride. On the other hand, it has insufficient adhesion<sup>17</sup>.

A pit and fissure sealant containing releasable fluoride provided a caries inhibiting effect with a significant reduction in lesion depth in the surface enamel adjacent to the fluoride-releasing sealant (Fissurit-F, VocoChemie, Germany). Conventional non-fluoride-containing sealant (Fissurit, VocoChemie hemie, Germany) was used as control. There was a tendency towards reduction in the frequency of wall lesions. So, fluoride release by pit and fissure sealants may provide additional protection against caries formation in cuspal incline enamel and smooth surface adjacent to sealed pits and fissures, and act as a fluoride reservoir with long-term release of fluoride into the immediately adjacent oral environment<sup>18</sup>.

Antibacterial activity of a fluoride release sealants on mutans streptococci was reported using trypticase soy agar plates previously incubated with bacteria. *S. mutans* and *S. sobrinus* were sensitive to Teethmate-FTM (Kuraray, Japan). Fluoroshield (Caulk, USA) and Helioseal (Vivadent, Germany) did not show inhibit activity. Sealant specimens were prepared and incubated in 2 mL of water and measured with fluoride specific electrode. Teethmate release more fluoride (231 mg/L) in 24 h than Fluoroshield (54) and Helioseal (not detected)<sup>19</sup>.

It has been suggested that glass-ionomer sealant (GIS) could be better than resin because GIS is less dependent of moisture. On the other hand, several papers revealed its facilitated loss. After 3 years, there was complete loss of GIS (almost 90%) from teeth compared with resin-sealed teeth (less than 10%)<sup>20</sup>.

It can be concluded that dental caries probably is the disease widely spread in the world. Preventive programs to avoid dental caries are frequently based in fluoride, but it is necessary to

understand how it works and optimise or development new fluoride-based products. Fluoride is supplied through fluoridated water, but at low concentration. There are doubts if it is not lost and easily incorporated in dental tissues. Caries occur in oral cavity and is inhibited by saliva, which is a complex mixture. A simple solution capable of make mimicking of saliva is necessary for standardising of experiments with biomaterials. New sealants have been developed to release fluoride. Physiological activity has been simulated using artificial saliva. These aspects will be discussed later in this paper.

### 3. EXPERIMENTAL METHODS-MATERIALS AND METHODOLOGY USED

#### 3.1. Fluoride analysis

Fluoride concentration of water samples were analysed using visible spectrometry by the SPADNS method. Zircon was initially linkage to SPADNS (sodium-2-parasulfophenylazo)-1,8-dihydroxy-3,6-naphtalene disulphonate) to produce a coloured solution. Fluoride sequesters zircon and discolours the solution, which is proportional to its concentration. Appropriate fluoride standards were used to evaluate solution from 0 until 1.2 mg/L of this ion. Water samples [5 mL] was mixed with 0.1 mL of 0.5% sodium arsenite solution to remove residual chlorine. SPADNS-ZnO [1 mL ] solution was added and stirred. After 30 min, absorbency at 570 nm was measured in spectrometer (Model B382, Micronal, Brazil). Sample with 0 mg/L of fluoride was used to adjust 0.500 of absorbency. References samples were measured and used to determine the calibration equation<sup>21</sup>.

Fluoride concentrations of the saliva samples were analysed using a specific fluoride electrode (Model 9609, Orion, USA). The electrode was calibrated according to the recommendation of the manufacturer before each session of analysis using appropriate fluoride standards. Tension was determined after 3 min of stabilisation. References samples were measured and used to determine the calibration equation<sup>22</sup>.

#### 3.2. Water samples

Water samples were collected from different districts of Curitiba, Brazil. From north area, the water was collected in the last week of 1994 September, while from south area, it was collected in the first week of 1994 October. About 100 mL of water were obtained in an internal tap from each residence. Water samples were stored in a polyethylene bottle closed hermetically. Analyses were made next day using SPADNS method.

#### 3.3. Teeth

Five teeth used in this study were extracted for oral health improvement, one of them with caries and four with periodontal problems. They were donated to researchers. The decayed third molar underwent soft tissue debridement and immersion in 3% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> for 15 min. and washed with water. It was sectioned into longitudinal halves using carborundum disk. One of halves was polished with water sandpaper from gross to thin granulation (120, 220, 500 until n° 600). A thin lamina was obtained about 1 mm of thickness.

The other teeth (not decayed) underwent soft tissue debridement followed by a fluoride-free prophylaxis. These specimens were conditioned with 37% H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> gel for 0s, 15s, 30s or 120s. They were washed abundantly with distilled water. Teeth were laid longitudinally inside a container with half of its surface fixed in 1 mg/L NaF solution. Other half (superior side) was kept dried. Containers were hermetically closed for 72 hours at room temperature (20-25°C). Initial and residual fluoride concentrations were measured by ion selective electrode. TISAB (total ionic salt adjuster buffer) was used as recommended by electrode manufacturer.

condition is reached. McMillan Water Plant's annual report of water analysis in 1997 reported an average of 0.84 mg/l, with maximum of 0.94 and minimum of 0.55 mg/L. This grade can be significantly reduced in home water purification systems. Carbon water filtration can remove fluoride slightly from water supply, which becomes inefficient for the prevention of caries. Reverse osmosis and distillation systems strongly reduced fluoride grade<sup>14</sup>.

Grade of fluoride in the fluoridation water set up in Curitiba depends on temperature. It is administered in different units and could vary from 0.8 to 1.1 mg/L. Set up of grade in sample period was 0.9 mg/L. Table 1 and 2 show the fluoride grade evaluated by SPADNS colorimetric method. Average concentration for 29 samples from the northern districts was 0.87 mg/L with standard deviation of 0.07 mg/L, while 16 samples from southern districts was 0.85 mg/L with standard deviation of 0.05 mg/L. Variation in values was generally lower than 0.10 mg/L, which suggests that fluoride was not lost during distribution and storage at home. These data suggest that fluoride grade was maintained at adequate concentration (0.9 mg/L); therefore, it could help to maintain the teeth health. It was not found lower grades, which reject the removal by the use of home water purification systems

#### **Insert Table 1 and Table 2**

A high fluoride uptake by enamel was obtained after topical application of 1%  $\text{TiF}_4$  for 1 min. The enamel surfaces were pre-treated with 37%  $\text{H}_3\text{PO}_4$  for 1 min. or maintained in 12%  $\text{NaClO}_3$  for 2 h, followed by wash with deionised water. Fluoride (related with uptake) and calcium (related with depth) were evaluated. Phosphoric acid etching was found to be the better conditioning procedure. This effect was related to the increased surface area and to relatively more organic components being exposed on the enamel surface after etching. There was practically no uptake of fluoride after  $\text{NaClO}_3$  conditioning procedure, which removed the organic components in the tooth enamel. Therefore, it seems that the organic components play an important role in the fluoride uptake of enamel from  $\text{TiF}_4$ <sup>26</sup>. This is a professional action that proved intake of fluoride by enamel from high concentration of fluoride (10 g/L of  $\text{TiF}_4$ ), but it was not to support fluoride intake using fluoridated water (1 mg/L).

Teeth immersed in 1 mg/L NaF solution have a reduction of initial grade of fluoride ions solution (Table 3). This fact suggests incorporation of this ion. Previous acid conditioning with 37% phosphoric acid gel can also be seen. While unconditioned tooth adsorbed fluoride, conditioned teeth adsorbed higher quantities. Conditioning time of 15s was the best condition. These facts suggest that phosphoric acid activates adsorption, but it can also destroy the linkage site, probably eliminating cations which fluoride would join. This phenomenon was similar to that observed with topical application of 1%  $\text{TiF}_4$  solution.

#### **Insert Table 3**

Enamel, healthy dentine and decayed dentine can be seen in longitudinal cut of crown tooth (Figure 1). A similar image was obtained at root region. Healthy dentine and cementum are identified too<sup>27</sup>. Parts of this image, identified regions, were selected and EDS evaluated its components. This technique produces spectre with peaks of each element (Figure 2). Grade of each element was tabulated and the proportion of each atom is showed (Table 4). Dental tissues showed that the most important elements are those found in pure hydroxyapatite ( $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_6)_6(\text{OH})_2$ ) as expected, except for hydrogen that cannot be measured by this technique. Number of carbon atoms increases in the direction of enamel, dentine and cementum. This result is compatible with mineralisation of each healthy tissue. Decayed dentine showed higher carbon grade than healthy dentine, which suggests that this disease is occurring mainly by proteolytic activity. Inorganic phase is lost slowly, which increases essential inorganic elements grades found in hydroxyapatite (Ca and P). Other hypothesis is that remineralisation phenomenon could

have occurred. As oxygen binds to inorganic and organic components, it is not possible to reveal its influence.

#### **Insert Figure 1 and Figure 2 and Table 4**

Theoretical ratio for Ca/P present in HA is 1.67, although generally lower values were found [between 1.49 to 1.68]<sup>28</sup>. Lower values are attributed to defects in the crystals of hydroxyapatite, by the adsorption of phosphate ions and/or substitution of calcium to sodium, magnesium or other cations. Enamel ratio Ca/P was 1.687, near theoretical value. This suggests that the majority of these atoms were bound to produce hydroxyapatite. Ca/P ratio for healthy dentine was 1.638, which was lower than decayed dentine (1.689). This suggests that phosphate ions were lost before calcium ions in the caries disease, or recovered from saliva before calcium in the remineralisation. Cementum showed higher Ca/P ratio (1.714), which suggests that calcium was bound to other structures than hydroxyapatite. Higher grade for organic matter is in agreement with that reported in the literature<sup>29</sup>. These ratios for decayed dentine support the theory of proteolytic activity. In this case, cavitation phase develops and the lesion becomes an irreversible disease<sup>30</sup>.

Presence of other ions confirmed the hypothesis of incorporation from biological environment. Na<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Al<sup>3+</sup> and Si<sup>4+</sup> probably were incorporated (Table 4). Lazari<sup>28</sup> reported ionic change from apatite crystalline net. Lead, magnesium, strontium, hydrogen cation and zinc can substitute calcium. Arsenate and vanadate can substitute phosphate. Fluoride, chloride and carbonate can substitute hydroxyl ion. Apatite crystal maintains essentially the same structural configuration independently of substitution. For example, fluorapatite and hydroxyapatite produce a solid solution until a limit of 10% of the hydroxyapatite. Carbonateapatite can reach about 2 to 3 % of normal apatite. There are some controversies in the case of carbonate replacing phosphate. On the other hand, independent of its position in the crystal, it is known that it is leached out easier than other biological apatites, which facilitates the development of caries disease. Other ions can be adsorbed in the crystal surface by electrostatic attraction or can be removed from hydration coat strongly associated to the crystal.

Tooth crown was abraded to allow evaluation of penetration of fluoride ions adsorbed by enamel (Figure 3). This procedure provoked trine of specimen, but it did not affect the evaluation. Crown composition revealed more difference than root for different depths. Carbon was lower in surface than in depths layers (Table 5). Oxygen had same behaviour. Calcium and phosphate were richer in superficial layer than in depth layer. These results show a higher external mineralisation, which support the importance of remineralisation process. Root had an opposite behaviour. Carbon and oxygen were richer in superficial layer, while calcium and phosphate were richer in depth layer. The smaller external mineralisation can explain the faster caries development in root than crown, as much as erosion caused by vigorous brushing. Cations of sodium, magnesium, aluminium, silicium and chlorine were also found. Fluoride was found in crown and root, but only in superficial layer. Absence of fluoride in depth layer revealed a limited capacity of diffusion in this layer. Ca/P rate was higher in crown as compared to the root. Crown value was slightly higher than theoretical value for hydroxyapatite (1.67). Root value was slightly lower than theoretical for the internal layer, while superficial layer of root was much lower.

#### **Insert Figure 3 and Table 5**

Composition of crown not immersed in fluoride solution was assessed in three depth levels to evaluate the composition variation with more details (Table 6). Carbon was almost constant. Oxygen was slightly more in internal layer than in superficial. Calcium and phosphate were more on the surface. Sodium, magnesium, silicium and chlorine were detected, nevertheless chlorine was observed only in the surface. Ca/P ratio varied from 1.600 to 1.670. Phosphoric acid can remove calcium ions during etching time. Ca/C ratio was near 5.3, while P/C was near 3.2 and

External aspect of specimens was observed by SEM (Scanning Electron Microscopy, Model XL30, Philips, Japan) with EDS (energy-disperse X-rays spectroscopy, Model DX4) detector to determine surface composition. Teeth were cut with carborundum discs. Root and crown surface were abraded using a cylindrical drill (about 1 mm of diameter) with a deflection of about 45°. This cavity preparation allowed for the evaluation of composition in different depths. A carbon film was deposited on the specimens (30 mA for 80s) for the work with SEM/EDS. K level of EDS phenomena was used to calculate the composition.

### 3.4. Sealant evaluation

The test milieu was artificial saliva of the Fusayama type at a temperature of 23°C. NaCl (0.4 g/L), KCl (0.4 g/L), NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>·H<sub>2</sub>O (0.69 g/L), CaCl<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O (0.77 g/L) and urea (1.0 g/L) were put in sequence in 1 litre of deionised water. It was called 'normal saliva'. Two additional solutions were prepared, one with twice the salts and other with half of salts<sup>23</sup>.

A polymer based in Bis-GMA and a monomer of dimethyl dimethacrylate urethane, besides stabiliser and inhibitors of reaction, were mixed with NaF (100 to 200 mesh) to produce a 16.7% of this salt. Approximately 60 mg of resinous mixture were photopolymerised for 40s to produce samples in semi-spherical shape.

A factorial design 3<sup>2</sup> was performed in duplicate to evaluate releasing of fluoride from sealant in artificial saliva. Addition of 100 µL of 0.01 mol/L HCl (H=-1), water (H=0) or 0.01 mol/L NaOH (H=+1) was done into 10 mL of artificial saliva with half (S=-1), normal (S=0) or twice (S=+1) the salt grade, as described before. 20µL of 100 mg/L NaF was added to saliva too. Samples were individually immerses in the solution contained in a 15 mL tube hermetically closed. Fluoride released was followed at room temperature (20-25°C) with oscillation (30 movements/min.). Fluoride was measured after 96 hours using a specific fluoride electrode. Calibration was done for different conditions using adequate standard solution.

## 4. RESULTS AND DISCUSSIONS

Water supply concentration is not necessarily trustful information today to classify an individual as protected of caries disease. Consumption of bottled water and use of water purification can reduce the fluoride grade estimated as intake, while swallowed residual dentifrice can produce opposite effect. Fluoride usually is rapidly and extensively absorbed from the gastrointestinal tract. The rate of gastric absorption is inversely related to the pH of the gastric contents. Overall absorption is reduced by calcium and certain other cations and by elevated plasma fluoride levels. Fluoride removal from plasma occurs by calcified tissue uptake and urinary excretion. About 99% of body burden of fluoride is associated with calcified tissues, and most of it is not exchangeable. Skeletal uptake is inversely related to the stage of skeletal development. This tissue can be discharged depending on the level of fluoride intake, hormonal status, and other factors. Renal clearance of fluoride is higher than other halogens. Clearance is straight to urinary pH<sup>24</sup>. Study of indices of caries patterns in Brazilian children of 3-6 years age from areas with different fluoridation histories showed a significant difference. Children of 3-4 year age had 33% of caries to fluoride since 1963 and 58% to fluoride since 1994. Children of 5-6 years age had 57% and 89%, respectively. The majority of 3-4 year age had disease confined to primary molars. Children of 5-6 years age had caries with preponderance in primary molar (36%) to the fluoride district for older fluoride, which some cases in incisors (17%). Children with younger fluoride area showed caries in primary molar (40%) and incisors (44%). Fissure caries are predominant for both districts at the two age groups. Caries in posterior bucco-lingual surface are important in 5-6 years age<sup>25</sup>. This fact suggests a loss of fluoride until a steady-state

O/C was near 20.3, this was the most significant difference found when compared to the treated half tooth with 1 mg/L NaF.

#### **Insert Table 6**

Artificial saliva of the Fusayama type was used to simulate natural saliva. This mixture is not a perfect simulation, because it has only mineral components and urea, but as an electrolyte has response very close to that obtained with natural saliva<sup>23</sup>. Ions of sodium, potassium, calcium and magnesium are interesting because they can be used as fluoride to produce fluoride release sealant. Still, saliva has phosphate that can work as a buffer and it is more stable to acid/alkaline addition (as carbonate) and not easily biodegradable (as acetate). Fluoride release depends on salt concentration and composition<sup>22</sup>. So, this solution was selected as standard condition. Experimental design was selected to simulate alkaline addition on oral medium, when saliva is liberated till the addition of acid and when acidification is changed by acidogenic microorganisms or consumption of acidic food/beverages. Like this, salt concentration was varied from low (half) to high (twice) concentration, which simulates saliva in young and old people.

Table 7 shows the design of experiment done to determine the importance for hydrogenionic level (H) and salt grade in saliva (S). It shows average of initial pH too. Released fluoride varied from 12.06 to 62.73 mg/L for 100 mg of resinous sealant (Table 7). Standard deviation was 3.10mg/L/100 mg, which confirms the relevance of fluoride release. Fluoride was released with lower grade of salts and lower grade of hydrogenionic (higher hydroxide grade), as can be seen in level curve (Figure 4) and confirmed in Pareto chart (Figure 5). Pareto chart confirmed the importance of salt [S(L)], in linear form, and hydrogenionic potential, in quadratic form [H(Q)]. Influence of salt (as quadratic) and linear interaction to both were near the experimental error to  $p=0.05$ , hence not confirming these influences. On the other hand, mathematical model using also these factors established a high relation of observed versus predicted values (Figure 6). Probability plot of residuals did not reveal tendency (Figure 7), or did not suggest effect of experimental error, which shows a good confidence in the results.

**Insert Table 7 and Figure 4, Figure 5, Figure 6 and Figure 7.**

## **5. CONCLUSIONS**

Fluoride level artificially added in water can be controlled at a suitable value. This grade was not altered in the distribution and home storage in Curitiba. Tooth can adsorb fluoride ions from a similar solution (1 mg/L). Previous demineralisation can improve this phenomenon, which supports the importance of fluoridation water program to the maintenance of tooth health. EDS showed that calcium and phosphorus were more abundant in enamel, followed by dentine and cementum. Opposite occur to oxygen grade and carbon was also important to all tissues. These aspects support the higher mineralisation of enamel than dentine and cementum. Dentine can be considered more mineralised than cementum for the same reason. Ca/P rate of enamel (1.69) is quite similar to theoretical value of hydroxyapatite (1.67). Sodium (Na), silicon (Si), magnesium (Mg) and aluminium (Al) were detected too. Fluoride was not detected.

Composition of decayed dentine (DD, with carious process) and healthy dentine (HD) showed that DD was more mineralised than HD. This suggests a proteolytic caries evolution and/or remineralisation of structures of DD. EDS confirmed that fluoride could be adsorbed to the tooth. It was identified only on the surface of crown and of root. Root adsorbed more fluoride than crown.

Sealant released fluoride in artificial saliva. 12 to 62 mg/L for 100 mg of biomaterial were released in the different conditions tested. These values were enough to promote adsorption of fluoride in any simulated condition. Fluoride is more released to saliva at lower salt concentrations, as observed in children physiology, and higher pH, saliva not acidified. 12 to 31

mg/L are released in acid conditions. These concentrations of fluoride are high enough to facilitate the fluorapatite production. In other words, this sealant potentially protect the teeth.

## ACKNOWLEDGEMENT

We express our gratitude to Biochemistry Karina Walter and Fernanda Louise Voos for contribution on fluoride analysis. To Physicist Maurício Cantão, PhD., researcher of LACTEC/UFPR for the contribution on SEM/EDS analysis. To Dental-Surgeon João César Zielak, MS., professor at UNICENP.

## 6. REFERENCES

- <sup>1</sup> Ratner, B.D, Hoffman, A.S.; Schoen, F.J.; Lemons, J.E. (Editors), *Biomaterials Science: an Introduction to Materials in Medicine*. Academic Press, San Diego, 1996.
- <sup>2</sup> Stephen, K.W. *Acta Odontol. Scand.* 1999, 57, 352.
- <sup>3</sup> Guyton, A.C. (Editor), *Tratado de Fisiologia Médica*. 8<sup>a</sup>. ed., Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 1992.
- <sup>4</sup> Akpata, E.S., *Intern. Dental J.* 2001, 51, 325.
- <sup>5</sup> Fejerson, O., Larsen, M.J., Richards, A., Baelum, V., *Adv. Dent. Res.* 1994, 8(1), 15.
- <sup>6</sup> Hoffmann, A., Mathias, A.L., *Livro de Resumo do EVINCI-UFPR, Curitiba, Brazil, UFPR, 25-27 Sept.* 1995.
- <sup>7</sup> Mathias, A.L., Hoffmann, A., Marcondes, A.A. *Proc. 5th Braz. Symp. Chem Lig other Wood Comp., Curitiba, Brazil (Ed. L.P. Ramos), UFPR, Ago. 31 - 5 Sep. 1997*, 156.
- <sup>8</sup> Mathias, A.L., Mathias, S.A. *Livro de Resumo da 17<sup>a</sup> Reunião da Sociedade Brasileira de Química, Caxambú, Brazil, SBQ, 30 May – 2 Jun. 1995*, AB065.
- <sup>9</sup> Hicks, J., Garcia-Godoy, F., Flaitz, C., *J. Clin. Pediatr. Dent.* 2003, 28(1), 47.
- <sup>10</sup> Hicks, J., Garcia-Godoy, F., Flaitz, C., *J. Clin. Pediatr. Dent.* 2003, 28(2), 119.
- <sup>11</sup> Källestal, C., Norlund, A., Söder, B., Nordenram, G.; Dahlgren, H. Petersson, L.G., Lagerlöf, F., Axelsson, S., Lingström, P., Mejåre, I., Holm, A.K., Twetman, S. *Acta Odontol. Scand.* 2003, 61, 341.
- <sup>12</sup> Hicks, J., Garcia-Godoy, F., Flaitz, C., *J. Clin. Pediatr. Dent.* 2003, 28(3), 203.
- <sup>13</sup> Ramanathan, G.P. J., *Clin. Pediatr. Dent.* 1999, 23(3), 235.
- <sup>14</sup> Jobson, M.D., Grimm III, S.E., Banks, K., Henley, G. J., *Dent. Child.* 2000, 350.
- <sup>15</sup> Amarrante, L.M. *Benefícios e Controvérsias dos Programas de Fluoretação do Estado do Paraná. Monografia, Secretaria Municipal da Saúde, Prefeitura de Curitiba*, 1992.
- <sup>16</sup> Beltrán-Aguilar, E.D., Griffin, S.O., Lockwood, S.A., *JADA.* 2002, 133, 157.
- <sup>17</sup> Mejåre, I., Lingström, P., Peterson, L.G., Holm, A.-K., Twetman, S., Källestal, C., Nordenram, G. Lagerlöf, Söder, B., Norlund, A., Axelsson, S., Dahlgren, H. *Acta Odontol. Scand.* 2003, 61, 321.
- <sup>18</sup> Hicks, M.J., Flaitz, C.M., Garcia-Godoy, F. *J. Clin. Pediatr. Dent.* 2000, 24(3), 215.
- <sup>19</sup> Loyola-Rodrigues, J.P., Garcia-Godoy, F. *J. Clin. Pediatr. Dent.* 1996, 20(2), 109.
- <sup>20</sup> Poulsen, S., Beirut, N., Sadat, N. *Community Dent. Oral Epidemiol.* 2001, 29(4), 298.
- <sup>21</sup> SPADNS methods. *Standard Methods fo Examination of Water and Wastewater*. 17<sup>a</sup> ed., American Public Health Association, Washington 1989, 4.89.
- <sup>22</sup> Walter, K., Mathias, S.A., Zamora, P.P., Mathias, A.L. *J. Brasil. Clin. & Estet.* 1999, 3(17), 63.
- <sup>23</sup> Reclaru, L., Meyer, J.-M. *J. Dent.* 1995, 23(5), 301.
- <sup>24</sup> Whitford, G.M. *Adv. Dent. Res.* 1994, 8(1), 5.
- <sup>25</sup> Dini, E.L., Bedi, R.D.H. *Intern. Dental J.* 1998, 48, 378.

- <sup>26</sup> Bardsen, A., Bjorvatn, K., Selvig, K.A. Acta Odontol. Scand. 1996, 54, 279.
- <sup>27</sup> Mathias, S.A., Walter, K., Cantão, M., Mathias, A.L. Livro de Resumo da 22<sup>a</sup> Reunião da Sociedade Brasileira de Química, Poços de Caldas, Brazil, SBQ, 25-28 May. 1999, QB020.
- <sup>28</sup> Lazzari, E.P., Bioquímica Dental. 2 ed. Interamericana, México, 1978
- <sup>29</sup> Bhaskar, S.N. Histologia e embriologia geral de Orban. 10. ed. São Paulo: Artes Médicas, 1989.
- <sup>30</sup> Thylstrup, A.; Fejerskov, Cariologia clínica. 2. ed. São Paulo: Livraria e Editora Santos, 1995.

### Table captions

**Table 1. Fluoride grade (F) in north area of Curitiba.**

District	F, mg/L	District	F, mg/L
Alto da XV	0.87	Hugo Lange	0.83
Bacacheri	0.96	Tingüí	0.80
Boa Vista	0.83	Barrerinha	0.89
Pilarzinho	0.95	São João	0.89
Cascatinha	0.90	Vista Alegre	0.89
Ahú	0.80	Bom Retiro	0.85
Jardim Social	0.75	Bairro Alto	0.75
Centro (north)	0.90	Batel	0.90
Bigorriho	0.87	Santo Inácio	1.01
Cristo Rei	1.01	Jardim das Américas	0.91
Cabral	0.86	Centro Cívico	0.85
Santa Cândica	0.88	Tarunã	0.78
São Lourenço	0.83	Seminário	0.90
Santa Felicidade	1.02	São Bráz	0.84
Mercês	0.85		

**Table 2. Fluoride grade (F) in south area of Curitiba.**

District	F, mg/L	District	F, mg/L
Vila Izabel	0.81	Santa Quitéria	0.77
Novo Mundo	0.82	Capão Razo	0.90
Sítio Cercado	0.86	Boqueirão	0.85
Hauer	0.74	Parolin	0.82
Lindóia	0.85	Centro (south 1)	0.81
Fazendinha	0.85	Centro (south 2)	0.85
Pinheirinho	0.88	Guaira	0.83
Carmo	0.74		

**Table 3. Influence of etching time (s) using 37% H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> gel with regard to incorporation of fluoride into tooth from 1 mg/L NaF solution.**

Etching time, s	[F] in solution, mg/L	
	Initial	Final
0	1.00	0.44
15	1.00	0.17
30	1.00	0.29
120	1.00	0.38

**Table 4. Components of decayed tooth tissues using EDS.**

Element	Enamel	Decayed Dentine	Healthy Dentine	Cementum
C	3.07	4.02	5.03	6.70
O	58.31	61.61	63.06	63.04
Ca	22.51	19.33	17.92	17.05
P	13.34	11.77	10.94	9.95
Na	1.35	1.63	1.14	1.64
Si	0.76	0.69	0.58	0.50
Mg	0.37	0.66	1.15	0.77
Al	0.29	0.29	0.18	0.35

**Table 5. Composition of crown and root in different depths immersed in 1 mg/L NaF.**

Element	Crown		Root	
	Surface	Inner	Surface	Inner
C	4.12	4.50	6.90	5.49
O	53.82	66.40	66.80	66.10
Ca	25.50	16.50	12.50	15.68
P	14.36	9.40	7.90	9.59
Na	0.90	1.60	1.90	1.50
Si	0.80	0.60	0.80	0.70
Mg	0.20	1.00	0.80	1.00
Al	nd	nd	0.30	nd
F	0.30	nd	2.10	nd
Cl	0.40	nd	nd	nd

nd = not detected.

**Table 6. Composition of crown, in different depths, treated with phosphoric acid and did not immerse in 1 mg/L NaF.**

Element	Superficial	Inner	Deeper
C	3.40	3.19	3.20
O	64.36	66.67	67.80
Ca	18.42	17.27	16.70
P	11.51	10.38	10.00
Na	1.20	1.40	1.20
Si	0.60	0.70	0.70
Mg	0.20	0.40	0.40
Cl	0.30	nd	nd

nd = not detected.

**Table 7. Fluoride grade liberate (mg/L/100mg) by selante with 16.7% NaF after 96h of incubation.**

Exp.	Factor H	Factor S	Initial pH*	[F], mg/L	s, mg/L
1	-1	-1	3,1	30.56	2.20
2	1	-1	6,9	62.73	1.38
3	-1	1	3,4	12.06	0.95
4	1	1	6,0	28.52	2.15
5	0	0	5,2	28.14	0.96
6	-1	0	3,2	21.32	0.09
7	1	0	6,4	34.19	3.10
8	0	-1	5,5	42.77	0.39
9	0	1	5,0	28.83	3.08

Exp. = experiment, \* average of two similar conditions, [F] = media grade of two measurements, s = standard deviation.

H (-1 to addition of HCl, 0 of H<sub>2</sub>O and +1 of NaOH) and S (salt in saliva, where -1 to half, 0 to normal and +1 to twice).

Figure captions

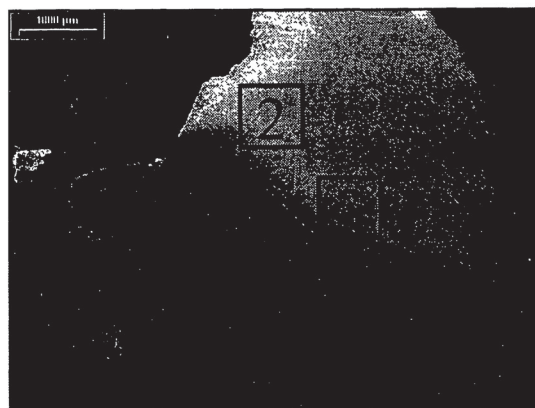


Figure 1. SEM of crown region of decayed specimen. 1 = enamel, 2 = decayed dentine, 3 = healthy dentine (right side).

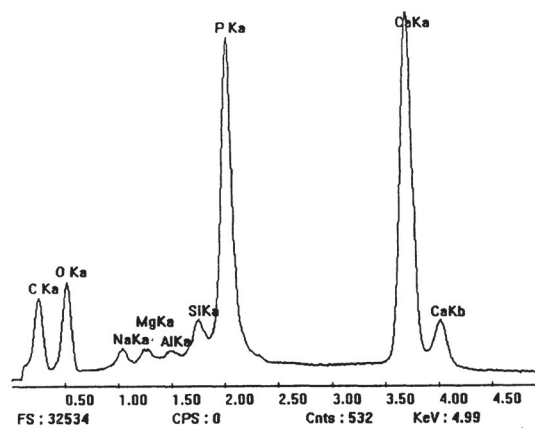


Figure 2. EDS Spectra of tooth enamel (left side).

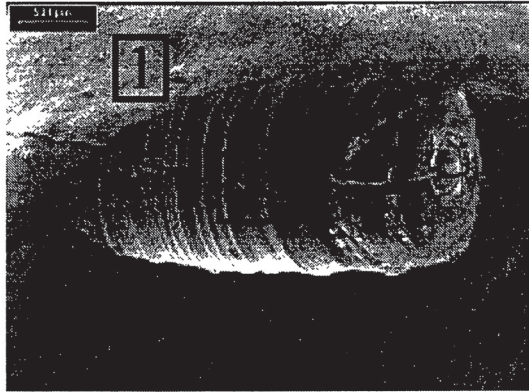


Figure 3. Aspect of dental crown surface used to evaluate composition in different depths (bar = 500 μ).

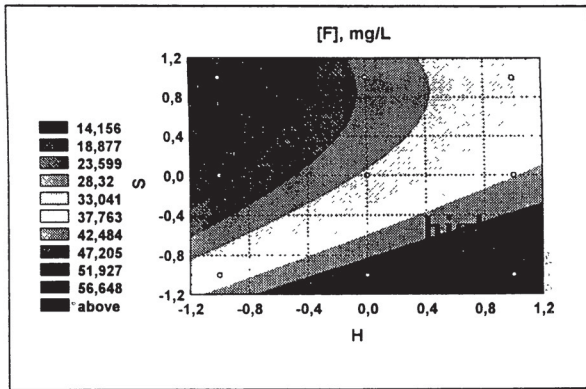


Figure 4. Fluoride grade released (mg/L for 100 mg of sealant), H (-1 to addition of HCl, 0 of H<sub>2</sub>O and +1 of NaOH) and S (salt in saliva, where -1 to half, 0 to normal and +1 to twice).

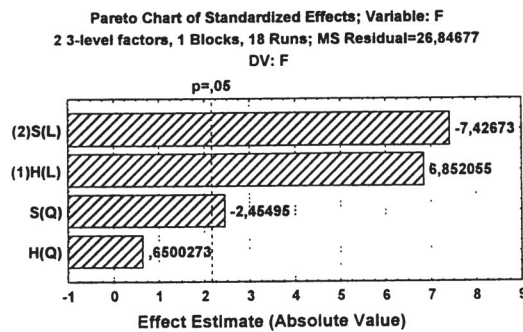


Figure 5. Pareto chart of standardised effects.

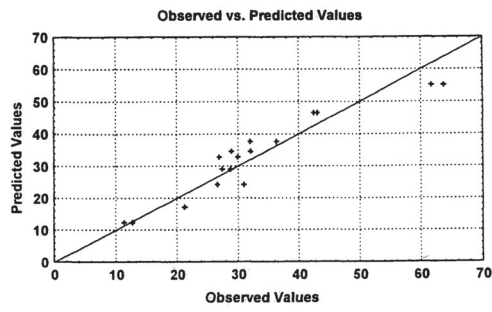


Figure 6. Rate of observed versus predict values using factor showed in Pareto chart.

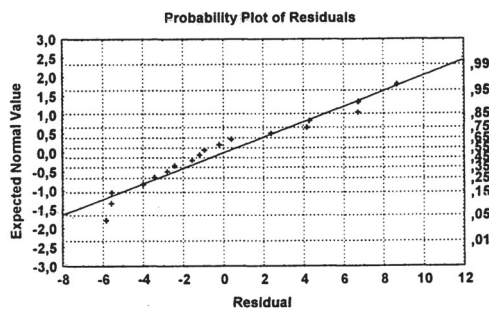


Figure 7. Probability plot of residual.