

# Aspectos físico-químicos relacionados ao potencial erosivo de bebidas ácidas

*Physicochemical aspects related to the erosive potential of acid beverages*

Juliana Resende Furtado\*

Valéria Costa Freire\*\*

Danielle Cristine Furtado Messias\*\*\*

Cecilia Pedroso Turssi\*\*\*\*

## Resumo

O entendimento do papel dos aspectos físico-químicos relacionados ao caráter erosivo de bebidas ácidas contribui para fundamentar estratégias que visem minimizar a formação e progressão de lesões de erosão. **Objetivo:** Este trabalho visou revisar o papel de aspectos relacionados ao potencial erosivo de bebidas ácidas, esclarecendo como o tipo, concentração e propriedades quelantes do ácido que as compõem, pH, acidez titulável, conteúdo de cálcio, fosfato e flúor, presença de caseína, temperatura e adesividade das bebidas, influenciam, de forma isolada ou combinada, no desgaste dental. **Revisão de literatura:** Realizada mediante pesquisa em indexadores internacional (Medline) e nacional (BBO) e em um livro. **Buscaram-se evidências sobre o tema em artigos de investigação científica e de revisão de literatura. Considerações finais:** Concluiu-se que: 1) o tipo e o potencial quelante do ácido, o pH, a acidez titulável, as concentrações de cálcio e fosfato, a temperatura e a adesividade das bebidas modulam seu potencial erosivo; 2) individualmente, o pH, acidez titulável e conteúdo de cálcio são os parâmetros que melhor revelam a capacidade das bebidas em proporcionar a dissolução mineral da estrutura dental; 3) para uma caracterização mais precisa do potencial erosivo de bebidas ácidas, deve-se considerar a interação entre os diferentes aspectos físico-químicos.

**Palavras-chave:** Erosão dentária. Bebidas. Propriedades físicas e químicas.

## Introdução

Erosão dental refere-se à perda irreversível da superfície do esmalte ou da dentina<sup>1</sup> e à desmineralização do tecido subjacente<sup>2</sup> em decorrência do contato frequente desses tecidos com ácidos de origem não bacteriana<sup>1</sup>. Bebidas como sucos cítricos, refrigerantes a base de cola, limão ou laranja, vinhos, repositores hidroeletrólíticos e águas saborizadas representam as mais importantes fontes exógenas de ácidos<sup>3,4</sup>.

A prevenção e controle da erosão podem ser efetuados por meio da diminuição da frequência de ingestão ou da redução do potencial erosivo de bebidas ácidas<sup>5</sup>. De fato, já foi demonstrado que sua erosividade ocorre na dependência de fatores químicos, tais como tipo de ácido, pH, acidez titulável, potencial quelante, concentração de cálcio, de fosfato e de flúor<sup>6</sup>, e de aspectos físicos, como temperatura<sup>7,8</sup> e adesividade<sup>9</sup>. Desse modo, apesar de a fisiopatologia da erosão dental estar relacionada também a fatores biológicos e comportamentais, o entendimento do papel dos aspectos físico-químicos relacionados ao caráter erosivo de bebidas contribui para fundamentar estratégias que visem minimizar a formação e progressão das lesões de erosão.

Embora, isoladamente, o principal indicador do potencial erosivo de bebidas seja o pH<sup>10</sup>, as demais propriedades físico-químicas podem afetar significativamente sua capacidade erosiva<sup>6,10</sup>. Entretanto,

\* Cirurgiã-dentista pela Universidade de Uberaba (Uniuibe), Caraguatatuba, SP, Brasil.

\*\* Cirurgiã-dentista pela Universidade de Uberaba (Uniuibe), Palmas, TO, Brasil.

\*\*\* Professora Doutora, Faculdade de Odontologia, Universidade de Ribeirão Preto (Unaerp), Ribeirão Preto, SP, Brasil.

\*\*\*\* Professora Doutora do Instituto e Centro de Pesquisas Odontológicas São Leopoldo Mandic, Campinas, SP, Brasil.

a transmissão de conhecimentos sobre o efeito da acidez titulável, do potencial quelante, da concentração de cálcio, de fosfato e de flúor, da presença de caseína, da temperatura e da adesividade é escassa ou inexistente. Em adição, apesar da importância de se conhecer o impacto isolado de tais propriedades físico-químicas, as mesmas necessitam ser avaliadas em conjunto, a fim de viabilizar uma caracterização mais precisa do caráter erosivo das bebidas ácidas.

Assim, o objetivo deste trabalho foi revisar e discutir o efeito isolado e combinado de propriedades físico-químicas relacionadas ao potencial erosivo de bebidas ácidas.

## Materiais e método

Esta revisão da literatura foi realizada mediante pesquisa na base de dados Medline, utilizando como descritores de assunto os termos: *dental erosion*, *erosive potential*, *acid beverage*, *acid drink*, *erosive drink*, *chemical analysis* e *physical analysis*. Como indexador nacional recorreu-se à Bibliografia Brasileira de Odontologia (BBO), empregando-se para a busca o termo “erosão dental”. Foram incluídos artigos referentes a estudos *in vitro* e *in situ* e revisões de literatura publicados no período de 1982 a 2009. Também foi consultado um livro-texto sobre o tema.

## Revisão de literatura

Os aspectos físico-químicos que potencialmente podem interferir na capacidade erosiva de bebidas ácidas estão listados na Figura 1 e serão pontualmente abordados a seguir.

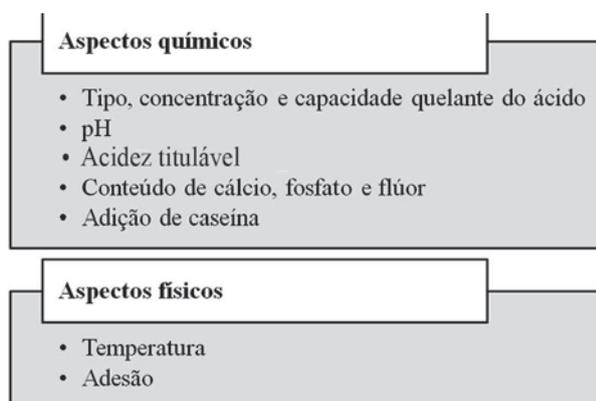


Figura 1: Aspectos físico-químicos que podem afetar o potencial erosivo das bebidas ácidas

## Aspectos químicos

### Tipo, concentração e capacidade quelante do ácido

Os ácidos mais comumente encontrados em bebidas são o fosfórico, utilizado em refrigerantes do tipo cola; cítrico, presente em sucos de frutas e refrigerantes a base de limão e de laranja; tartárico, contido em sucos de uva e vinhos.<sup>6</sup> Dentre esses, o cítrico e o fosfórico representam os principais agentes erosivos por serem os mais frequentemente consumidos.

Em contato com a saliva, ácidos presentes em bebidas erosivas dissociam-se liberando íons hidrogênio ( $H^+$ ). Consequentemente, o pH do meio bucal fica abaixo dos pHs críticos de dissolução do esmalte e da dentina. Assim, o meio torna-se subsaturado em relação aos íons cálcio e fosfato que compõem os cristais de apatita carbonatada, hidroxiapatita e apatita fluoretada, provocando a dissolução mineral da estrutura dental, o que se processa pela ligação do  $H^+$  ao carbonato e/ou ao fosfato dos cristais de apatita<sup>6</sup>.

A cinética de dissolução ocorre na dependência do tipo<sup>6</sup> e da concentração do ácido contido na bebida<sup>11</sup>. Além do efeito ocasionado pelos íons  $H^+$ , a erosão dental manifesta-se pela perda mineral desencadeada pela complexação do cálcio com ânions<sup>6</sup>. Tal condição se estabelece, por exemplo, na presença de ácido cítrico, devido a sua propriedade quelante – capacidade de se complexar com o cálcio da estrutura dental e da saliva. Além da dissolução mineral causada pelo  $H^+$ , a qual ocorre em condições de baixo pH (em torno de 2), o ânion citrato, ao se ligar ao cálcio do esmalte dental, ocasiona a desmineralização desse tecido em pH neutro. Entre o pH 2 e 7, ambos os mecanismos se processam, ou seja, o  $H^+$  e o citrato são responsáveis pela dissolução dental. Ainda, há que se ressaltar que o citrato também causa uma depleção do cálcio da saliva, levando à diminuição da supersaturação salivar em relação a esse íon, aumentando a perda mineral<sup>6</sup>.

No caso do ácido fosfórico, observa-se a mesma cinética de disponibilização de íons  $H^+$  sob condições de baixo pH e a união com cálcio sob pH neutro. Contudo, o citrato, em virtude do tamanho e da forma tridimensional de sua molécula, forma um complexo mais estável com o cálcio. Por essa razão, o ácido cítrico ocasiona maiores perdas minerais à estrutura dental<sup>12</sup>.

### pH

Potencial hidrogeniônico (pH) é uma grandeza físico-química que permite indicar se um meio aquoso é ácido (valor inferior a 7) ou básico (valor superior a 7). A mensuração do pH, isoladamente, representa o melhor parâmetro para avaliação do potencial ero-

sivo de bebidas ácidas<sup>10</sup>. O pH, juntamente com seu conteúdo de cálcio, fosfato e flúor, determina o grau de saturação de uma bebida em relação à estrutura dental e, conseqüentemente, seu poder de dissolução. Assim, soluções supersaturadas em relação ao esmalte e à dentina não promovem dissolução mineral, ao passo que as subsaturadas proporcionam a perda mineral desses tecidos<sup>13</sup>.

## Acidez titulável

A capacidade de dissolução de uma bebida ácida depende também de sua acidez titulável, ou seja, de sua habilidade em manter o pH original estável, abaixo do pH crítico de dissolução das estruturas dentais. Bebidas erosivas com elevada acidez titulável mantêm o meio bucal ácido por um período maior de tempo e proporcionam acentuada dissolução mineral previamente ao processo de neutralização do pH<sup>14-16</sup>.

Considerando que, previamente a sua neutralização pela saliva, o tempo em que o ácido permanece ativo na cavidade bucal influencia na severidade da perda do tecido dental<sup>17</sup>, a acidez titulável de uma bebida representa um guia importante na determinação de seu potencial erosivo<sup>14</sup>.

## Conteúdo de cálcio, fosfato e flúor

A dissolução de minerais da superfície dental ocorre em função do grau de saturação das bebidas ácidas em relação aos cristais de apatita, que é determinada, entre outros aspectos, pelo conteúdo de íons cálcio, fosfato e flúor na solução<sup>18</sup>. Substâncias supersaturadas em relação ao tecido dental não provocam dissolução mineral<sup>13</sup>, ao passo que soluções subsaturadas levam à desmineralização<sup>13</sup>.

Nesse sentido, a modificação das bebidas ácidas por meio da incorporação de íons cálcio, fosfato e/ou flúor minimizaria a perda estrutural do dente pela erosão. Tais elementos aumentam o grau de saturação da bebida em relação ao da estrutura dental, podendo, portanto, interferir na dinâmica do processo de desmineralização<sup>18</sup>. De fato, tem-se demonstrado que a adição, principalmente, de íons cálcio nas bebidas ácidas tem contribuído para reduzir significativamente a dissolução dos cristais de apatita<sup>19</sup>. Produtos enriquecidos com cálcio proporcionam menor desmineralização e desgaste dental em relação a formulações equivalentes que não contenham esse íon<sup>10, 20-24</sup>. Além disso, com a adição de cálcio diminui-se também o efeito quelante do citrato que pode estar contido nessas bebidas, pois o ânion se complexaria com o cálcio originário da bebida, não com aquele da estrutura dental. Muito embora a incorporação de íons tenha se revelado eficaz na redução da desmineralização dental por bebidas ácidas, tais alterações podem comprometer o sabor e a estabilidade microbiológica e de ingredientes do produto<sup>20,25</sup>, que representam limitações do ponto de vista comercial.

Em relação ao conteúdo de fosfato, não há consenso sobre sua correlação com a perda mineral do esmalte. Já foi relatado que o fosfato se caracteriza como um preditor da capacidade erosiva das bebidas ácidas<sup>26</sup>; porém, tal achado não foi corroborado em estudo mais recente<sup>10</sup>.

Já se demonstrou que a incorporação de flúor apresenta alguma influência na redução do potencial de desmineralização de bebidas<sup>27,28</sup>. Doses reduzidas de flúor parecem não ser suficientes para prevenir a desmineralização do esmalte, mas podem ser capazes de minimizar o potencial erosivo de uma bebida<sup>24</sup>. Por outro lado, a incorporação de concentrações elevadas, capaz de diminuir a dissolução mineral<sup>29</sup>, ultrapassa os limites de segurança da ingestão de fluoretos, havendo risco de toxicidade aguda e crônica. Considerando que a quantidade de flúor a ser adicionada na bebida ácida com o intuito de prevenir a desmineralização do esmalte é inversamente proporcional ao pH da solução<sup>30</sup>, sua adição parece não ser uma medida racional para o controle total do potencial erosivo de bebidas.

## Adição de caseína

Tem-se sugerido que proteínas adsorvidas ao esmalte poderiam modificar o processo de dissolução desse substrato. Em razão dessa propriedade, a adição de proteínas nas bebidas ácidas poderia ser uma estratégia para minimizar o desgaste erosivo. Nesse contexto, a incorporação da caseína, proteína do grupo das fosfoproteínas e encontrada no leite, implicaria redução da velocidade de dissolução da hidroxiapatita, independentemente do valor de pH da substância ácida<sup>31</sup>. Tal fato pode ser atribuído à ligação da caseína à hidroxiapatita. Propõe-se, então, que uma fina camada dessa fosfoproteína formada sobre a superfície dental possa agir como uma barreira, restringindo o acesso de íons hidrogênio, impedindo a perda de cálcio e fosfato da hidroxiapatita<sup>31</sup>. As moléculas de caseína também podem se ligar à superfície do cristal, prevenindo a perda iônica. Entretanto, o potencial protetor da caseína adicionada às bebidas foi demonstrado somente em estudos laboratoriais, e investigações clínicas necessitam ser conduzidas.

## Aspectos físicos

### Temperatura

A temperatura de uma bebida constitui-se num fator modulador de seu efeito erosivo. Em estudos anteriores<sup>7,8</sup> demonstrou-se que o contato do esmalte e da dentina com bebidas ácidas em baixas temperaturas reduz a dissolução mineral desses substratos. Em contrapartida, sob temperaturas elevadas, há queda do pH, já que a dissociação do ácido é termodinamicamente favorecida<sup>8</sup>. Além dis-

so, há aumento da taxa de difusão de elementos químicos através da superfície dental<sup>32,33</sup> e, assim, da taxa de desmineralização<sup>7,34</sup>. Em geral, bebidas ácidas geladas apresentam menor potencial erosivo que aquelas consumidas em temperatura ambiente ou aquecidas<sup>7,8,35,36</sup>.

## Adesão

As bebidas ácidas apresentam diferentes padrões de adesão à estrutura dental. Sugere-se que um maior tempo de aderência da bebida ao dente implica risco aumentado da ocorrência da erosão<sup>13</sup>. Tal condição se agrava pelo fato de que há maior dificuldade da saliva em deslocar o filme formado pela bebida sobre a estrutura dental do que da bebida em remover a película adquirida<sup>37</sup>. Felizmente, a ação da língua e da mucosa jugal se contrapõe à aderência da bebida, minimizando, em parte, sua ação. Comparativamente, refrigerantes a base de cola com sacarose, devido a sua baixa tensão superficial<sup>9</sup>, apresentam maior aderência à superfície dental do que a versão dietética da mesma bebida e do que o suco de laranja.

## Discussão

A formação e progressão de lesões de erosão decorrentes do consumo de bebidas ácidas ocorrem na dependência de fatores físico-químicos, biológicos e comportamentais<sup>38</sup>. Dentre os primeiros destacam-se o tipo e propriedades quelantes do ácido que compõe as bebidas, pH, acidez titulável, concentração

de cálcio, fosfato e flúor, temperatura e adesividade das mesmas à superfície dental. Constituem aspectos biológicos o fluxo, composição, acidez titulável e pH salivares, características da película adquirida, conteúdo inorgânico e pH crítico de dissolução dentais. Os fatores comportamentais incluem o modo de ingestão da bebida e hábitos de escovação.

Embora o desgaste erosivo resulte da interação entre os aspectos físico-químicos relacionados às bebidas, biológicos e comportamentais, o entendimento da contribuição de cada um desses componentes é de suma importância para que se maximize o conhecimento científico acerca da etiologia e da fisiopatologia das lesões de erosão. Nesse contexto, a compreensão do papel de aspectos físico-químicos fornece subsídios a tais objetivos. Assim, viabiliza-se o estabelecimento de estratégias que minimizem o efeito erosivo de bebidas ácidas.

Quando avaliado individualmente, o pH é o parâmetro que melhor caracteriza o potencial erosivo de bebidas ácidas<sup>10</sup>. Porém, já se demonstrou que o conteúdo de cálcio<sup>10</sup> e a acidez titulável são preditores da erosividade e, somados ao pH, fornecem uma análise mais global do poder erosivo de determinada bebida.

Assim, ao se avaliar o Quadro 1, examinando tão somente o pH, pode-se sugerir que o refrigerante a base de cola poderia ser a bebida mais erosiva. No entanto, sua baixa acidez titulável<sup>11</sup> e seu elevado conteúdo de fosfato<sup>14,26</sup> limitam a dissolução mineral da superfície dental, o que, possivelmente, explica sua menor erosividade em relação aos refrigerantes a base de limão<sup>39</sup>.

Bebida	pH	Acidez titulável (mmol OH/L, pH 7)	Cálcio (mmol/l)	Fosfato (mmol/l)
Suco de laranja (natural)	3,6	136	2,1	5,7
Suco de uva	3,1	71	0,5	2,6
Refrigerante a base de cola	2,4	25	0,3	5,5
Refrigerante a base de limão	2,6	36	0,2	< 0,01
Refrigerante a base de limão (versão light)	2,9	62	0,3	< 0,01
Refrigerante a base de laranja	2,9	84	0,8	0,1
Água gaseificada sabor limão	3,3	68	10,9	< 0,01
Repositor hidroeletrólítico	3,0	2	0,1	3,2
Energético	3,4	92	2,4	0,01
Vinho	3,4	77	1,9	3,2
Cerveja	4,2	8	0,7	5,3
Tipo ice com vodka	3,4	-	0,2	< 0,01
Água gaseificada	5,4	35	10,0	0,01
Leite	7,0	4	29,5	18,9

Fontes: Hara e Zero<sup>10</sup> (2008); Lussi e Jaeggi<sup>13</sup> (2006); Larsen e Nyvad<sup>14</sup> (1999); Jager et al<sup>40</sup>. (2008); Jensdottir et al<sup>41</sup>, (2005).

Quadro 1: Caracterização de algumas bebidas em relação ao seu pH, acidez titulável, conteúdo de cálcio e de fosfato

Ao se observar a acidez titulável das diferentes bebidas, o suco de laranja seria o que mais tempo demandaria para ser neutralizado. Quando as avaliações do conteúdo de cálcio e de fosfato se somam às análises feitas em relação às bebidas, nota-se que o suco de laranja, apesar da elevada acidez titulável, apresenta maior conteúdo de cálcio, característica que reduz seu potencial erosivo, tornando-o significativamente menos erosivo que os refrigerantes a base de limão<sup>14,42</sup>, apesar de ambos conterem ácido cítrico. Assim, além do pH, a análise do potencial erosivo de uma bebida deve contemplar outros aspectos químicos. Nesse sentido, o refrigerante a base de limão na versão *light*, embora apresente maior pH em comparação à bebida à base de cola, apresenta maior erosividade<sup>26</sup>, possivelmente por sua maior acidez titulável e pelas baixas concentrações de cálcio e fosfato.

Ainda em relação aos sucos de frutas, a literatura aponta que o de uva acarreta desgaste expressivamente maior ao esmalte do que o de laranja<sup>43</sup>. Tal achado pode ser explicado pelas diferenças nos tipos de ácido (tartárico, málico e cítrico), pH e conteúdos de cálcio e fosfato, que parecem determinar um caráter mais erosivo ao suco de uva, a despeito de este apresentar menor acidez titulável.

Já se reportou que, em comparação a refrigerantes a base de cola, repositores hidroeletrólíticos são capazes de causar erosão significativamente mais acentuada ao esmalte<sup>43</sup>. Os energéticos, por sua vez, podem causar desgaste dental equivalente (no esmalte) ou superior (na dentina) ao resultante das bebidas a base de cola<sup>44</sup>.

As águas gaseificadas com sabor limão, ao contrário da versão regular (sem sabor), apresentam potencial erosivo<sup>13</sup>. O desgaste proporcionado ao esmalte por essas bebidas saborizadas com limão é semelhante àquele causado pelo suco de laranja<sup>45</sup>.

As bebidas do tipo *ice* com *vodka* também têm sido relacionadas à formação de lesões de erosão<sup>45</sup>. Por outro lado, a cerveja não provoca desgaste<sup>13,46</sup>, possivelmente em virtude da associação entre pH, baixa acidez titulável e elevado conteúdo de fosfato.

A despeito de os refrigerantes a base de cola e de laranja e o vinho apresentarem características físico-químicas distintas, a perda mineral do esmalte após ter sido exposto a essas bebidas parece ser equivalente<sup>13</sup>. Tal achado confirma novamente que o potencial erosivo de bebidas ácidas depende do efeito combinado de suas propriedades físico-químicas. Contudo, há que se ressaltar que, além desses aspectos, fatores biológicos e comportamentais são de suma importância na determinação da formação e progressão de lesões de erosão.

## Considerações finais

- Do ponto de vista físico-químico, o tipo de ácido, pH, acidez titulável, potencial quelante, concentração de cálcio e fosfato, temperatura e adesividade podem influenciar o potencial erosivo das bebidas ácidas.
- Individualmente, o pH, acidez titulável e conteúdo de cálcio são os parâmetros que melhor revelam a capacidade das bebidas em proporcionar a dissolução mineral da estrutura dental.
- Para uma caracterização mais precisa do potencial erosivo de bebidas ácidas, deve-se considerar a interação entre seus diferentes aspectos físico-químicos.

## Abstract

*The understanding of the role of physico-chemical aspects related to the erosive potential of acid beverages contributes to the establishment of strategies to minimize the formation and progression of dental erosion. Objective: this paper was intended to review the role of aspects related to the erosive potential of acid beverages, scrutinizing how the type of acid, concentration, quelating properties, pH, titratable acidity, content of calcium, phosphate and fluoride, presence of casein, temperature and adherence of beverages influence wear. Literature review: Performed through search in international (Medline) and national (BBO) databases and a book. Evidences on the topic were sought in scientific research articles and literature review papers. Final considerations: Based on the available evidence, it was concluded that: 1) the type and chelating properties of the acid, pH, titratable acidity, calcium and phosphate concentration, temperature and adherence of the beverages all modulate their erosive potential; 2) individually, the pH, titratable acidity and calcium content are the parameters that better reveal the capacity of beverages of causing mineral dissolution of dental tissues; 3) for a more precise characterization of the erosive potential of acid beverages it is demanding that the interaction among the different physicochemical factors is evaluated.*

*Key words: Tooth erosion. Beverages. Physical and chemical properties.*

## Referências

1. Imfeld T. Dental erosion. Definition, classification and links. *Eur J Oral Sci* 1996; 104(2):151-5.
2. Amaechi BT, Higham SM. Eroded enamel lesion remineralization by saliva as a possible factor in the site-specificity of human dental erosion. *Arch Oral Biol* 2001; 46(8):697-703.
3. Hara AT, Purquerio BM, Serra MC. Estudo das lesões cervicais não-cariosas: aspectos biotribológicos. *Rev Pós Grad* 2005; 12(1):141-8.
4. Addy M, Shellis RP. Interaction between attrition, abrasion and erosion in tooth wear. *Monogr Oral Sci* 2006; 20:17-31.
5. Lussi A, Hellwig E. Risk assessment and preventive measures. *Monogr Oral Sci* 2006; 20:190-9.
6. Featherstone JDB, Lussi A. Understanding the chemistry of dental erosion. *Monogr Oral Sci* 2006; 20:66-76.

7. Amaechi BT, Higham SM, Edgar WM. Factors influencing the development of dental erosion "in vitro" enamel type, temperature and exposure time. *J Oral Rehabil* 1999; 26(8):624-30.
8. Barbour ME, Finke M, Parker DM, Hughes JA, Allen GC, Addy M. The relationship between enamel softening and erosion caused by soft drinks at a range of temperatures. *J Dent* 2006; 34(3):207-13.
9. Ireland A, Mcguinness N, Sherriff M. An investigation into the ability of soft drinks to adhere to enamel. *Caries Res* 1995; 29(6):470-6.
10. Hara AT, Zero DT. Analysis of the erosive potential of calcium-containing acidic beverages. *Eur J Oral Sci* 2008; 116(1):60-5.
11. Hunter ML, Patel R, Loyn T, Morgan MZ, Fairchild R, Rees JS. The effect of dilution on the *in vitro* erosive potential of a range of dilutable fruit drinks. *Int J Paediatr Dent* 2008; 18(4):251-5.
12. West NX, Hughes JA, Addy M. The effect of pH on the erosion of dentine and enamel by dietary acids "in vitro". *J Oral Rehabil* 2001; 28(9):860-64.
13. Lussi A, Jaeggi T. Chemical factors. *Monogr Oral Sci* 2006; 20:77-87.
14. Larsen MJ, Nyvad B. Enamel erosion by some soft drinks and orange juices relative to their pH, buffering effect and contents of calcium phosphate. *Caries Res* 1999; 33(1):81-7.
15. Grobler SR, Van der Horst G. Biochemical analysis of various cool drinks with regard to enamel erosion, de- and remineralization. *J Dent Assoc S Afr* 1982; 37(10):681-4.
16. Edwards M, Creanor SL, Foye RH, Gilmour WH. Buffering capacities of soft drinks: the potential influence on dental erosion. *J Oral Rehabil* 1999; 26(12):923-7.
17. Grenby TH, Philips A, Desai T, Mistry M. Laboratory studies of the dental properties of soft drinks. *Br J Nutr* 1989; 62(2):451-64.
18. Larsen MJ. Dissolution of enamel. *Scand J Dent Res* 1973; 81(7):518-22.
19. Barbour ME, Parker DM, Allen GC, Jandt KD. Human enamel erosion in constant composition citric acid solutions as a function of degree of saturation with respect to hydroxyapatite. *J Oral Rehabil* 2005; 32(1):16-21.
20. Grenby TH. Lessening dental erosive potential by product modification. *Eur J Oral Sci* 1996; 104(2):221-8.
21. Hughes JA, West NX, Parker DM, Newcombe RG, Addy M. Development and evaluation of a low erosive blackcurrant juice drink. 3. Final drink and concentrate, formulae comparisons "in situ" and overview of the concept. *J Dent* 1999; 27(5): 345-50.
22. West NX, Hughes JA, Parker DM, Moohan M, Addy M. Development of low erosive carbonated fruit drinks 2. Evaluation of an experimental carbonated blackcurrant drink compared to a conventional carbonated drink. *J Dent* 2003; 31(5):361-5.
23. Hooper S, West NX, Sharif N, Smith S, North M, DeAth J, et al. A comparison of enamel erosion by a new sports drink compared to two proprietary products: a controlled, crossover study "in situ". *J Dent* 2004; 32(7):541-5.
24. Ramalingam L, Messer LB, Reynolds EC. Adding casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate to sports drinks to eliminate "in vitro" erosion. *Pediatr Dent* 2005; 27(1):61-7.
25. Hughes JA, Jandt KD, Baker N, Parker D, Newcombe RG, Eisenburger M, et al. Further modification to soft drinks to minimize erosion. *Caries Res* 2002; 36(1):70-4.
26. Lussi A, Jäggi T, Schäfer S. The influence of different factors on "in vitro" enamel erosion. *Caries Res* 1993; 27(5):387-93.
27. Larsen MJ. Prevention by means of fluoride of enamel erosion as caused by soft drinks and orange juice. *Caries Res* 2001; 35(3):229-34.
28. Attin T, Meyer K, Hellwig E, Buchalla W, Lennon AM. Effect of mineral supplements to citric acid on enamel erosion. *Arch Oral Biol* 2003; 48(11):753-9.
29. Sorvari R. Effects of various sport drink modifications on dental caries and erosion in rats with controlled eating and drinking pattern. *Proc Finn Dent Soc* 1989; 85(1):13-20.
30. Ten Cate JM, Duijsters PP. Influence of fluoride in solution on tooth demineralization. II. Microradiographic data. *Caries Res* 1983; 17(6):513-9.
31. Barbour ME, Shellis RP, Parker DM, Allen GC, Addy M. Inhibition of hydroxyapatite dissolution by whole casein: the effects of pH, protein concentration, calcium, and ionic strength. *Eur J Oral Sci* 2008; 116(5):473-8.
32. Gray JA. Kinetics of the dissolution of human dental enamel in acid. *J Dent Res* 1962; 41:633-45.
33. de Rooij JF, Arends J. Phosphate diffusion in whole bovine enamel at pH 7. II. Temperature, time, concentration dependency. *Caries Res* 1981; 15(5):353-62.
34. Hankermeyer CR, Ohashi KL, Delaney DC, Ross J, Constantz BR. Dissolution rates of carbonated hydroxyapatite in hydrochloric acid. *Biomaterials* 2002; 23(3):743-50.
35. West NX, Hughes JA, Addy M. Erosion of dentine and enamel "in vitro" by dietary acids: the effect of temperature, acid character, concentration and exposure time. *J Oral Rehabil* 2000; 27(10):875-80.
36. Eisenburger M, Addy M. Influence of liquid temperature and flow rate on enamel erosion and surface softening. *J Oral Rehabil* 2003; 30(11):1076-80.
37. Busscher HJ, Goedhart W, Ruben J, Bos R, Van der Mei CH. Wettability of dental enamel by soft drinks as compared to saliva and enamel demineralization. In: Addy M, Embery G, Edgar WM, Orchardson R. *Tooth wear and sensitivity*. London: Martin Dunitz; 2000. p. 197-200.
38. Lussi A, Jaeggi T, Schaffner M. Diet and dental erosion. *Nutrition* 2002; 18(9):780-1.
39. Lussi A, Kohler N, Zero D, Schaffner M, Megert B. A comparison of the erosive potential of different beverages in primary and permanent teeth using an *in vitro* model. *Eur J Oral Sci* 2000; 108(2):110-4.
40. Jager DH, Vieira AM, Ruben JL, Huysmans MC. Influence of beverage composition on the results of erosive potential measurement by different measurement techniques. *Caries Res* 2008; 42(2):98-104.
41. Jensdottir T, Bardow A, Holbrook P. Properties and modification of soft drinks in relation to their erosive potential *in vitro*. *J Dent* 2005; 33(7):569-75.
42. Lussi A, Jaeggi T, Zero D. The role of diet in the aetiology of dental erosion. *Caries Res* 2004; 38(suppl 1):34-44.
43. Davis RE, Marshall TA, Qian F, Warren JJ, Wefel JS. *In vitro* protection against dental erosion afforded by commercially available, calcium-fortified 100 percent juices. *J Am Dent Assoc* 2007; 138(12):1593-8.
44. Ehlen LA, Marshall TA, Qian F, Wefel JS, Warren JJ. Acidic beverages increase the risk of *in vitro* tooth erosion. *Nutr Res* 2008; 28(5):299-303.
45. Rees J, Loyn T, Hunter L, Sadaghiani L, Gilmour A. The erosive potential of some flavored waters. *Eur J Dent* 2007; 1(1):5-9.
46. Ablal MA, Kaur JS, Cooper L, Jarad FD, Milosevic A, Higham SM, et al. The erosive potential of some alcopops using bovine enamel: an *in vitro* study. *J Dent* 2009; 37(11):835-9.

#### Endereço para correspondência:

Cecilia Pedroso Turssi  
 Instituto e Centro de Pesquisas  
 Odontológicas São Leopoldo Mandic  
 Rua Dr. José Rocha Junqueira, 13  
 Laboratório 22, 13045-755 Campinas - SP  
 Fone: (19) 3211-3610 - Ramal 210  
 E-mail: cecilia.turssi@gmail.br

Recebido: 24.02.2010 Aceito: 19.04.2010