



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
FACULDADE DE FARMÁCIA, ODONTOLOGIA E ENFERMAGEM
DEPARTAMENTO DE FARMÁCIA

VANESSA PÁSCOA LEMOS

**IMPACTO DO CONSUMO DE CERVEJA SOBRE A DENSIDADE ÓSSEA:
UM ESTUDO DE REVISÃO**

FORTALEZA

2016

VANESSA PÁSCOA LEMOS

**IMPACTO DO CONSUMO DE CERVEJA SOBRE A DENSIDADE ÓSSEA:
UM ESTUDO DE REVISÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à disciplina de Monografia II do Curso de Graduação em Farmácia da Universidade Federal do Ceará (UFC), como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Farmácia.

Orientadora: Profa. Dra. Patrícia Maria Pontes Thé.

FORTALEZA

2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca de Ciências da Saúde

L579i Lemos, Vanessa Páscoa.
Impacto do consumo de cerveja sobre a densidade óssea: um estudo de revisão./ Vanessa Páscoa Lemos. – 2016.
67 f.: il. color.

Monografia (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Faculdade de Farmácia, Odontologia e Enfermagem, Departamento de Farmácia, Curso de Farmácia, Fortaleza, 2016.
Orientação: Profa. Dra. Patrícia Maria Pontes Thé.

1. Densidade Óssea. 2. Osteoporose. 3. Disponibilidade Biológica. 4. Cerveja. 5. Silício. I. Título.

CDD 616.716

VANESSA PÁSCOA LEMOS

**IMPACTO DO CONSUMO DE CERVEJA SOBRE A DENSIDADE ÓSSEA:
UM ESTUDO DE REVISÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à disciplina de Monografia II do Curso de Graduação em Farmácia da Universidade Federal do Ceará (UFC), como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Farmácia.

Aprovada em: ____/____/____.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Patrícia Maria Pontes Thé (Orientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Profa. Dra. Luzia Izabel Mesquita Moreira (Membro)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Luan Costa Ferreira (Membro)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Aos meus pais e irmã, dedico esta, bem como todas as minhas demais conquistas, pelo enorme incentivo e pelo apoio incondicional.

AGRADECIMENTOS

São muitas as pessoas e as instituições que contribuíram enormemente para o meu crescimento e para que todo o processo da minha graduação fosse finalizado.

Agradeço à Universidade Federal do Ceará e ao seu corpo docente, por prover um ensino público superior de qualidade.

Agradeço à minha orientadora, professora Patrícia, pela oportunidade e por oferecer seus conhecimentos a este trabalho. Obrigada pela doçura, pelo paciente trabalho de revisão, apoio, incentivo e empenho durante elaboração deste estudo.

Agradeço à professora Luzia Izabel e ao meu querido amigo Luan Costa por aceitarem o meu convite para participação nesta banca, pela disponibilidade de tempo e por colaborarem de forma significativa para este trabalho.

Agradeço aos meus pais por não medirem esforços para que eu esteja sempre bem e para que eu possa alcançar todos os meus sonhos. Vocês são os meus maiores incentivadores e me oferecem um apoio incondicional. Agradeço à minha mãe, Valéria, por ser minha força nos momentos em que o desânimo e o cansaço prevalecem e por me proporcionar a coragem que preciso para concretizar os meus objetivos. Agradeço ao meu pai, Francisco, por ser meu grande amigo, sempre me trazer calma, estimular o meu melhor e proporcionar os melhores conselhos e as melhores palavras nos momentos que mais preciso.

Agradeço à minha irmã, Fernanda, o meu pequeno anjo e a razão da minha felicidade diária. Obrigada por todo o carinho, companheirismo e motivação. Tenho uma enorme admiração por você. Você me inspira a ser uma pessoa melhor e sempre me mostra que, com bastante esforço e dedicação, eu posso chegar aonde eu quiser.

Ao meu namorado, Ícaro, pela ajuda infindável durante todos esses anos juntos. Sua dedicação, amor, carinho, paciência e compreensão significam muito mais do que você imagina. Obrigada por toda a torcida e por acreditar em mim sempre, independente das circunstâncias. Compartilhamos de muitas conquistas e frustrações e o seu apoio constante foi extremamente importante para o meu crescimento e para a conclusão de muitas etapas.

Agradeço à minha família, especialmente à minha avó Rita, minha tia Socorro, meu tio Daniel e minha prima Juliana, pelo amor, carinho e suporte prestados em todos os momentos e por torcerem pelo meu sucesso pessoal e profissional.

Agradeço a todos os meus amigos que me acompanharam ao longo desta caminhada, sendo grandes companheiros e conselheiros. Aos meus amigos Cássia, Jéssica, Davi, Tarcísio,

Carlos Eduardo, Mariana, Gabrielle, Kamilla, Livia, Marianne, Rozana e Pedro, por fazerem parte da minha “primeira” turma e terem preenchido os meus dias na faculdade com tanta felicidade, proporcionado momentos inesquecíveis e por não medirem esforços para me ajudar.

À minha amiga-irmã Talita. Não tenho como agradecer tudo o que você tem feito por mim desde que entrou de forma tão especial na minha vida.

Agradeço também aos meus lindos amigos Beatriz, Germana, Tamara, Talysson, Tatiana, Virgínia e Yugo, minha “segunda” turma. Obrigada por toda a amizade e por enfeitarem meus últimos semestres de faculdade. Não poderia pedir companhias melhores e o final do curso não seria especial sem a presença de vocês.

Gostaria de agradecer a todos que, de alguma forma, participaram e contribuíram para o meu crescimento ao longo destes anos de faculdade.

RESUMO

O consumo da cerveja é um fenômeno mundial, sendo uma das bebidas alcoólicas mais consumidas no mundo. A popularidade desta bebida resultou em diversos estudos sobre os diferentes perfis nutricionais e a detecção de componentes com ações fisiológicas. A constatação de que a cerveja é uma fonte de silício – mineral necessário para a manutenção da densidade óssea – trouxe indagações sobre possíveis benefícios associados ao consumo desta bebida e seus respectivos efeitos nos ossos. É sabido que o consumo excessivo e prolongado do álcool provoca o aparecimento de inúmeros efeitos prejudiciais ao organismo. Entretanto, nota-se o crescente número de estudos correlacionando o consumo moderado de cerveja – considerado um nível seguro, uma vez que não está associado ao surgimento dos efeitos maléficos do álcool – com resultados positivos no organismo. Desse modo, o presente trabalho teve como objetivo principal investigar – com base em trabalhos científicos – os efeitos resultantes do consumo moderado da cerveja sobre a densidade mineral óssea, evidenciando, principalmente, as ações do mineral silício. A metodologia utilizada foi uma revisão de literatura, tendo como ferramenta os materiais já publicados sobre o tema em revistas e artigos científicos, periódicos, meio eletrônico, livros didáticos de publicação nacional e internacional, sendo utilizadas publicações até o ano de 2015 disponíveis nas seguintes bases de dados: MEDLINE, SciELO, Periódicos CAPES. Os estudos abordados nesta revisão demonstraram que o consumo moderado de cerveja resultou em aumento da densidade óssea em vários sítios em homens e mulheres na pré e pós-menopausa. Neste sentido, esta revisão ressalta a importância de se continuar a explorar a relevância do silício para a saúde óssea e de ser necessário um número maior de estudos intervencionistas correlacionando o consumo moderado de cerveja com um aumento da densidade óssea para que se possa estabelecer, de fato, uma relação de causa-efeito.

Palavras-chave: Silício, cerveja, densidade óssea, osteoporose, biodisponibilidade.

ABSTRACT

Beer is one of the most widely consumed alcoholic beverages in the world and its consumption is a global phenomenon. The popularity of this drink resulted in several studies on different nutrient profiles and the detection of components with physiological actions. The fact that beer is a source of silicon – a mineral present in the bones and necessary for the maintenance of bone density – brought questions about the potential benefits associated with the consumption of this beverage and its effects on bones. It is well known that excessive and prolonged alcohol consumption causes the appearance of numerous adverse effects on the body. However, there are a growing number of studies correlating moderate consumption of beer – considered to be a safe level, since it is not associated with the appearance of the harmful effects of alcohol – with positive results in the body. Therefore, this study aimed to investigate – based on scientific studies – the effects of moderate beer consumption on bone mineral density, portraying mainly silicon actions. The methodology used was a literature review, with the material about the subject published in scientific journals and articles, newspapers, electronic media, textbooks of national and international publication, with publications being used until the year of 2015 and available on the following databases: MEDLINE, SciELO, Periódicos CAPES. The studies discussed in this review have shown that moderate beer consumption resulted in increased bone density at several sites in men and in pre and postmenopausal women. Thus, this review highlights the importance to continue to explore the relevance of silicon to bone health. A larger number of interventional studies correlating moderate consumption of beer with an increase in bone density is necessary to establish if there is, indeed, a relationship of cause and effect.

Keywords: Silicon, beer, bone density, osteoporosis, bioavailability

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	OBJETIVOS	13
2.1	Objetivo geral	13
2.2	Objetivos específicos	13
3	REFERENCIAL TEÓRICO	14
3.1	Tecido ósseo	14
3.1.1	Etiologia da osteoporose	15
3.2	Silício	19
3.2.1	Fontes de silício e biodisponibilidade	25
3.3	Cerveja: questão cultural e social	28
3.3.1	História da cerveja	28
3.3.2	Ingredientes da cerveja	31
3.3.2.1	Água	32
3.3.2.2	Cereais	32
3.3.2.3	Lúpulo	34
3.3.2.4	Leveduras	35
3.3.3	Processo de produção da cerveja	36
3.3.3.1	Maltagem	36
3.3.3.2	Moagem	36
3.3.3.3	Brassagem	37
3.3.3.4	Circulação/clarificação e lavagem	37
3.3.3.5	Fervura	37
3.3.3.6	Resfriamento	38
3.3.3.7	Fermentação	38
3.3.3.8	Maturação	39
3.4	A cerveja como parte da dieta	39
3.5	Impactos do alcoolismo na saúde óssea	43
3.6	Consumo moderado e biodisponibilidade de silício na cerveja	43
3.7	Cerveja e densidade mineral óssea	48
4	MATERIAIS E MÉTODOS	52
4.1	Delineamento e local da pesquisa	52
4.2	CrITÉrios de inclusão e exclusão	52

4.3	Descrição das variáveis	52
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	53
6	CONCLUSÃO	55
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56

1 INTRODUÇÃO

Os ossos são estruturas semirrígidas e porosas que formam parte do endosqueleto de vertebrados. O osso é um órgão composto por vários tecidos, tais como o tecido ósseo, adiposo, nervoso e hematopoiético. O tecido ósseo é o que compõe a maior parte de um osso, sendo uma forma especializada de tecido conjuntivo, apresentando características de dureza e alta resistência (WEINER; WAGNER, 1998; OLSZTA et al., 2007; BOSKEY, 2015).

Apesar da aparência rígida e estática, os ossos não são estruturas uniformemente sólidas, inertes e de constituição simples, mas possuem características e organização bastante complexas e participam de processos contínuos e dinâmicos de remodelamento, compondo um órgão multifuncional e permanentemente ativo (WEINER; WAGNER, 1998; OLSZTA et al., 2007; BOSKEY, 2015).

Os ossos constituem uma estrutura básica de suporte e sustentação de vertebrados, de proteção de órgãos, têm função hematopoiética, constituem base mecânica para o movimento e são importantes reservas metabólicas. Em condições fisiológicas normais, as funções de sustentação e de reserva metabólica encontram-se estáveis e em equilíbrio. Entretanto, ocorrendo alterações no estado de equilíbrio do osso, a função metabólica sofre modificações e a estrutura pode tornar-se comprometida. Dependendo da extensão do desequilíbrio, pode haver o desenvolvimento de osteoporose (WEINER; WAGNER, 1998; OLSZTA et al., 2007; BOSKEY, 2015).

A osteoporose é uma condição metabólica e sistêmica que acomete os ossos. Nesta doença, de curso crônico e progressivo, ocorre perda da densidade óssea pela diminuição da mineralização e da qualidade da matriz óssea e acúmulo de microdanos. Estes fatores resultam em comprometimento da microarquitetura do osso, o que acarreta em fragilidade e aumento do risco de fraturas, principalmente em ossos como o fêmur e o rádio, causando dor, incapacidade e perda da independência (CHRISTIANSEN, 1995; RUTHERFORD, 1997; JUGDAOHSINGH, 2007; FREITAS et al., 2011).

No que se refere à nutrição para manter a saúde óssea e prevenir a osteoporose, o foco recai quase que exclusivamente sobre o cálcio e a vitamina D. Apesar de estes componentes serem os principais tópicos de investigação em estudos sobre os ossos e possuírem função comprovada na manutenção da saúde deste órgão, outros nutrientes também têm importância por constituírem os ossos do mesmo modo que o cálcio e a vitamina D (CHRISTIANSEN, 1995; JUGDAOHSINGH, 2007; PRICE; KOVAL; LANGFORD, 2013).

Por ser essencial para a formação do osso, um mineral que tem recebido destaque e merece maior atenção é o silício. O silício está presente em todos os tecidos e órgãos do corpo humano e o osso contém uma das mais altas concentrações deste mineral. Estudos em animais demonstraram que o silício favorece a incorporação de cálcio nos ossos, quando comparados a animais com deficiência do mineral. Estudos *in vitro* demonstraram que o silício estimula a síntese de colágeno tipo I e a diferenciação dos osteoblastos (CARLISLE, 1970a; CARLISLE, 1970b; CARLISLE, 1981; HOTT et al., 1993; JUGDAOHSINGH, 2007; PRICE; KOVAL; LANGFORD, 2013).

As principais fontes de silício da dieta provêm de grãos, frutas, bebidas e vegetais, nesta ordem. Dentro das bebidas, a cerveja é uma fonte rica de silício e a presença deste mineral é proveniente, basicamente, do processamento da cevada e do lúpulo, dois dos ingredientes principais na fabricação da cerveja (MARTIN, 2006; JUGDAOHSINGH, 2007; PRICE; KOVAL; LANGFORD, 2013).

Apesar de o consumo exacerbado de cerveja, assim como o de qualquer bebida alcoólica, contribuir para o enfraquecimento dos ossos e o desenvolvimento da osteoporose, estudos recentes têm demonstrado uma associação positiva entre o consumo moderado de álcool e a densidade óssea. Pesquisas envolvendo a ingestão moderada de bebidas alcoólicas, como a cerveja, resultaram em aumento da densidade óssea, apontando ter resultados mais vantajosos em mulheres na pré e pós-menopausa. Os resultados também foram maiores para mulheres que ingeriram cerveja, quando comparados às que ingeriram vinho ou destilados. Muitos constituintes podem contribuir para esse resultado, mas o silício presente em altas concentrações na cerveja é apontado como um importante agente, por promover a formação óssea (TUCKER, 2009).

Este efeito protetor apresentado pela cerveja deve ser analisado com muita cautela, uma vez que existe um limite de consumo avaliado nas pesquisas que não deve ser extrapolado, assim como outros fatores que devem ser levados em conta. O consumo do álcool pode gerar uma série de consequências sérias e nocivas que prejudicam o organismo como um todo (TUCKER, 2009).

O consumo moderado de cerveja pode ter um impacto benéfico na microarquitetura óssea e, portanto, pode diminuir a fragilidade óssea. Desse modo, esta revisão bibliográfica tem como objetivo avaliar o impacto do consumo moderado da cerveja sobre a densidade mineral óssea, relatando a importância do silício, um oligoelemento

essencial, para a saúde do osso, assim como sua relação com os demais componentes constitutivos da matriz óssea.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

- Avaliar o impacto do consumo moderado da cerveja sobre a densidade mineral óssea.

2.2 Específicos

- Relatar a importância do silício para a saúde óssea, assim como sua relação com os demais componentes constitutivos da matriz óssea.
- Pesquisar sobre a biodisponibilidade do silício nos diferentes tipos de cerveja.
- Correlacionar os diferentes processos de fabricação de cerveja sobre os níveis finais de silício.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Tecido ósseo

O tecido ósseo é composto por células (osteoblastos, osteoclastos e osteócitos) e pela matriz óssea. Esta matriz possui uma constituição heterogênea, formada por uma fase orgânica, que compreende aproximadamente 35% do peso seco do osso e representa a flexibilidade e elasticidade deste órgão, uma fase inorgânica que constitui cerca de 65% do peso, caracterizando a resistência e rigidez óssea, e água (BURR, 2002; YOUNG, 2003; ANDIA; CERRI; SPOLIDORIO, 2006).

A parte orgânica do osso é formada majoritariamente por fibras de colágeno tipo I (90%), lipídeos, proteoglicanos, pelas proteínas não-colagenosas osteocalcina, osteonectina e osteopontina – sintetizadas pelos osteoblastos, citocinas e fatores de crescimento (IL-1, IL-6, IGF, TGF-beta, BMPs). A parte inorgânica tem como principal constituinte os cristais de hidroxiapatita, compostos por cálcio e fósforo, que se depositam ao longo das fibras de colágeno. Outros minerais incluem o fosfato de cálcio, silício, magnésio, potássio e sódio (BURR, 2002; YOUNG, 2003; ANDIA; CERRI; SPOLIDORIO, 2006).

A disposição e as características de cada um destes componentes definem as propriedades do osso. A qualidade de um osso é influenciada por diversos fatores, tais como a sua composição (porcentagem de cada componente), a organização e tamanho dos minerais, as ligações cruzadas de colágeno, a morfologia, a microarquitetura e a presença de microdanos. A quantidade relativa de cada constituinte presente em um determinado osso é variável por fatores fisiológicos, físicos e nutricionais, como a idade, gênero, etnia, alimentação, níveis hormonais, prática de atividades físicas, estresse mecânico, estado de saúde e uso de medicamentos (RIZZOLI; BONJOUR; FERRARI 2001; YOUNG, 2003; SIPOS et al., 2009; BOSKEY, 2015).

A resistência óssea é influenciada pela densidade e qualidade do osso. Há diversos exames disponíveis para se avaliar o metabolismo ósseo e verificar quão saudável estão os ossos. Também é possível prever o risco de fraturas, assim como avaliar se há risco para o desenvolvimento de osteoporose e a evolução desta doença (RIZZOLI; BONJOUR; FERRARI, 2001; SIPOS et al., 2009).

3.1.1 Etiologia da osteoporose

A palavra osteoporose significa “ossos porosos”, expressando uma doença em que os ossos perdem quantidades excessivas do seu conteúdo proteico e mineral. É uma doença metabólica em que a composição do osso é mantida, contudo ocorre uma diminuição na densidade óssea. Esta densidade se refere à quantidade de massa óssea por unidade de volume; portanto, ossos mais rígidos e resistentes estão diretamente relacionados a uma elevada densidade óssea, enquanto ossos mais frágeis e quebradiços estão associados a uma baixa densidade óssea (RAMALHO; LAZARETTI-CASTRO, 1999; SIPOS et al., 2009; EISMAN et al., 2012; BOSKEY, 2015).

A osteoporose consiste em um sério problema de saúde pública devido à perda de habilidades funcionais e aumento da morbidade e mortalidade resultantes da ocorrência de fraturas que, por consequência, geram enormes gastos de tempo, de recursos financeiros e recursos humanos com os custos totais de internação, tratamento e reabilitação dos doentes. Milhões de pessoas sofrem o risco de desenvolverem esta doença potencialmente debilitante, responsável por ocasionar fraturas diversas e severas que, muitas vezes, são o primeiro sinal da doença. Por isso, a osteoporose pode ser considerada uma doença silenciosa. O risco de fraturas cresce drasticamente com o avançar da idade, por conta da diminuição natural da densidade mineral óssea e pelo aumento na taxa de quedas entre a população idosa (JACKSON; KLEEREKOPER, 1990; HEANEY, 1998; RAMALHO; LAZARETTI-CASTRO, 1999; SIPOS et al., 2009; EISMAN et al., 2012).

A osteoporose afeta todos os ossos do corpo. Sendo assim, as fraturas podem acometer qualquer osso e, normalmente, são resultantes de quedas equivalentes à altura da própria pessoa ou mesmo de alturas menores. A doença em si não é dolorosa, contudo as fraturas geram dores acentuadas. Indivíduos que tenham sofrido fraturas osteoporóticas estão mais propensos a sofrerem uma segunda fratura, de modo que o risco do acontecimento de novas fraturas aumenta exponencialmente a cada incidência. Os locais mais comumente comprometidos são o quadril (pélvis e fêmur), a coluna (vértebras), os punhos (rádio) e os braços (úmero). Fraturas no quadril e na coluna geram uma maior preocupação porque quase sempre requerem hospitalização e o indivíduo pode necessitar de procedimentos cirúrgicos, gerando impactos na sua produtividade e independência, podendo resultar em quadros de depressão, formação de escaras em indivíduos acamados, além de outras sérias consequências, como a invalidez permanente e até mesmo a morte (JACKSON; KLEEREKOPER, 1990;

HEANEY, 1998; RAMALHO; LAZARETTI-CASTRO, 1999; WEZEMAN et al., 1999; SIPOS et al., 2009; EISMAN et al., 2012).

O desenvolvimento da osteoporose está bastante relacionado às mulheres e se deve, principalmente, à queda nos níveis do hormônio estrogênio, associada ao período da menopausa. Além disso, a presença de receptores para o estrogênio nos ossos está significativamente reduzida neste período. Os hormônios gonadais influenciam no crescimento e na manutenção da saúde óssea e existem comprovações de que um decréscimo ou a ausência do estrogênio contribuem para a diminuição gradativa de massa óssea, causando modificações nos processos de remodelação e de reparo. A perda de massa óssea é mais acentuada nos cinco anos seguintes à menopausa e, sem os devidos cuidados, as mulheres podem vir a perder aproximadamente 40 a 50% da densidade óssea até os últimos anos de vida (AMADEI et al., 2006).

Mulheres estão também mais predispostas à osteoporose pelo fato de possuírem naturalmente uma menor densidade óssea quando comparamos ambos os sexos feminino e masculino. Outros fatores de risco incluem a etnia, fatores genéticos e hormonais, dieta, baixo índice de massa corporal, tabagismo, consumo excessivo de cafeína e de álcool, uso prolongado de sedativos e sedentarismo (CHRISTIANSEN, 1995; CUMMINGS et al., 1995; EASTELL et al., 1998; FRANCIS, 1999; RIZZOLI; BONJOUR; FERRARI 2001; AMADEI et al., 2006).

A osteoporose foi considerada por muito tempo um problema exclusivo das mulheres, não havendo abordagens sobre a prevenção ou qualquer preocupação de saúde mais urgente em relação aos homens. Apesar da menor porcentagem, de ser menos relatada e receber menos atenção que a osteoporose no sexo feminino, os homens também podem desenvolvê-la. A patogênese da doença é multifatorial e envolve determinantes semelhantes aos das mulheres (CHRISTIANSEN, 1995; CUMMINGS et al., 1995; EASTELL et al., 1998; FRANCIS, 1999; RIZZOLI, BONJOUR; FERRARI, 2001).

Além das causas principais já mencionadas, existem outros fatores que podem resultar em osteoporose, tidos como causas secundárias. Corticoterapia, quimioterapia, imobilização de membros, distúrbios metabólicos (hipogonadismo, hipertireoidismo, hiperparatireoidismo, hipercortisolismo), artrite reumatóide, problemas gastrointestinais (gastrectomia, síndrome da má absorção) e doenças que afetam a medula óssea (leucemias, linfomas, mielomas múltiplos) podem estar relacionados ao estabelecimento da osteoporose (JACKSON; KLEEREKOPER, 1990; HEANEY, 1998; FRANCIS, 1999; RIZZOLI; BONJOUR; FERRARI, 2001).

O entendimento dos mecanismos que levam à perda da massa óssea permite avaliar o quadro do paciente, de modo que o melhor tratamento seja estabelecido. O processo de maturação óssea ocorre desde o período intrauterino e se estende até a idade adulta. Até o período de 10 a 12 anos de idade, não é possível verificar diferenças significativas quanto à densidade óssea entre os sexos, porém ocorre um aumento expressivo na massa óssea durante a puberdade no sexo masculino quando comparado ao feminino, culminando em picos no início da idade adulta, estendendo-se dos 20 aos 30 anos de idade (SILVA; TEIXEIRA; GOLDBERG, 2004; BONJOUR et al., 2009; RAMALHO; LAZARETTI-CASTRO, 1999; EISMAN et al., 2012).

Um osso saudável é mantido por uma sequência ordenada de eventos celulares denominada remodelação óssea. A remodelação envolve a atividade dos osteoblastos e osteoclastos. Em áreas de reabsorção óssea, os osteoclastos – células grandes, multinucleadas e móveis – são responsáveis pela escavação da matriz óssea, desempenhando um papel central na formação do osso e regulação da sua massa. A reabsorção óssea é um processo de múltiplas etapas, iniciada com a proliferação de precursores imaturos de osteoclastos, a maturação destas células em osteoclastos, e, finalmente, a degradação das fases orgânica e inorgânica do osso por estas células maduras. O evento inicial na degradação óssea é a ligação dos osteoclastos à matriz. Uma vez ligada ao osso, a célula gera um microambiente extracelular isolado entre si e a superfície do osso. A dissolução da fase inorgânica do osso precede a degradação da matriz e a desmineralização óssea envolve a acidificação do microambiente extracelular isolado. A secreção de ácidos, como o cítrico e o láctico, contribuem para a diminuição do pH, resultando na dissolução dos minerais e ativação de enzimas que auxiliam na digestão da matriz óssea. Os produtos de degradação óssea sofrem, então, endocitose pelo osteoclasto (BLAIR et al., 1986; SILVER; MURRILLS; ETHERINGTON, 1988; TEITELBAUM, 2000; VAANANEN et al., 2000; SAMBROOKE; COOPER, 2006; BOYCE; YAO; XING, 2009).

Os osteoblastos, células mononucleadas, também possuem um papel igualmente importante por sintetizarem a matriz óssea. A formação do osso pode ser definida como o processo pelo qual os osteoblastos sintetizam e mineralizam a matriz óssea durante os processos de maturação, remodelação ou reparação. A sequência de eventos, os genes e as proteínas envolvidas na formação do osso diferem durante a vida fetal e adulta, durante o reparo de fraturas e durante a remodelação óssea. A formação do osso durante a remodelação é caracterizada pela deposição de uma matriz de colágeno no local previamente reabsorvido

pela ação dos osteoclastos. A formação dos osteoblastos se inicia com a proliferação de células osteoprogenitoras, a diferenciação progressiva destas células, a expressão sequencial de genes para garantir o fenótipo do osteoblasto e a síntese, organização e deposição de componentes na matriz óssea por osteoblastos maduros, seguindo uma sequência similar à dos osteoclastos (MARIE, 1998; CAETANO-LOPES; CANHAO; FONSECA, 2006; SAMBROOKE; COOPER, 2006).

A atividade óssea se constitui de ciclos equilibrados de reabsorção e formação óssea. O desenvolvimento da osteoporose ocorre por um desequilíbrio nestes ciclos, que se caracteriza por um aumento da atividade de reabsorção (pelos osteoclastos) e redução na formação do osso (pelos osteoblastos). O aumento no número de unidades de reabsorção diminui a massa óssea (MARIE, 1998; CAETANO-LOPES; CANHAO; FONSECA, 2006; SAMBROOKE; COOPER, 2006; BOSKEY, 2015).

O aspecto nutricional é de significativa importância na manutenção de um osso saudável, sendo essencial tanto na prevenção quanto no tratamento da osteoporose. A suplementação de cálcio e vitamina D tem papel relevante na terapia nutricional, pois o cálcio figura como o principal mineral que atua na formação da massa óssea e a vitamina D é fundamental para a utilização do cálcio no organismo, por elevar a absorção intestinal deste mineral e por melhorar a qualidade e resistência óssea (BEDANI; ROSSI, 2005; JUGDAOHSINGH, 2007; TUCKER, 2009; MARTIN; CORREA, 2010; PRICE; KOVAL; LANGFORD, 2013).

Entretanto, o problema da osteoporose é muito mais amplo e deve envolver o consumo de outros nutrientes, e não somente o cálcio e a vitamina D. Estes dois componentes consumidos isoladamente e em grandes quantidades não são suficientes e não geram bons resultados, uma vez que não estejam atrelados a outras vitaminas e minerais que também requerem reposição para haver o aumento da densidade óssea e adequado funcionamento do osso (BEDANI; ROSSI, 2005; JUGDAOHSINGH, 2007; TUCKER, 2009; CLARKE; KHOSLA, 2010; MARTIN; CORREA, 2010; PRICE; KOVAL; LANGFORD, 2013).

Diversos nutrientes, incluindo o silício, magnésio, manganês, potássio, boro, zinco, carotenóides, selênio, vitamina C, vitamina K, vitaminas do complexo B – como niacina, piridoxina, folatos, riboflavina e cianocobalamina – são mais relevantes do que se pensava anteriormente, por promoverem um impacto positivo na qualidade da matriz óssea, podendo haver ação sinérgica entre estes componentes. À vista disto, uma análise da alimentação no intuito de detectar nutrientes importantes para a saúde óssea e que estão em baixo consumo é

necessária. Uma dieta variada, balanceada e não somente centralizada no consumo de leite e produto lácteos, mas envolvendo também o consumo de frutas, legumes, vegetais, peixes e alimentos oleaginosos deve ser estimulada para maximizar a concentração de todos os nutrientes essenciais ao osso no organismo, especialmente nos indivíduos que se encontram em maior risco de desenvolver a doença ou que já a possuem (JUGDAOHSINGH, 2007; FERRETTI et al., 2008; SIQUEIRA; BOLINI; MACEDO, 2009; TUCKER, 2009; MARTIN; CORREA, 2010; PRICE; KOVAL; LANGFORD, 2013).

3.2 Silício

O silício é um dos elementos que participam da composição do corpo humano e, mesmo em pequenas quantidades, desempenha papéis biológicos vitais. Está presente em todos os órgãos e tecidos, e os ossos detêm as maiores concentrações deste mineral. A elevada concentração nos ossos se deve, provavelmente, à alta afinidade do silício por componentes presentes na matriz óssea. Possuímos cerca de 1 a 2 gramas de silício distribuídos pelo corpo e, na corrente sanguínea, o mineral encontra-se em uma forma livre, como ácido ortosilícico – H_4SiO_4 (SEABORN; NIELSEN, 1993; MARTIN, 2006; JUGDAOHSINGH, 2007; SRIPANYAKORN et al., 2009; VASANTHI; SALEENA; RAJ, 2012).

O silício representa o terceiro micronutriente mais abundante no organismo, atrás do ferro e do zinco, mas por muito tempo foi considerado um elemento inerte, sem importância fisiológica ou toxicológica, e muitas das funções exatas ainda permanecem desconhecidas (MARTIN, 2006; JUGDAOHSINGH, 2007; SRIPANYAKORN et al., 2009; VASANTHI; SALEENA; RAJ, 2012).

As primeiras indicações do papel fisiológico do silício no osso surgiram a partir de um estudo desenvolvido por Carlisle (1970a), demonstrando que o silício se encontrava em áreas bastante ativas e de crescimento do osso jovem de camundongos. Durante o processo de mineralização, verificou que os níveis de silício e de cálcio estavam elevados. Em um estágio mais avançado, a concentração de ambos diminuiu, com a do silício caindo drasticamente, indicando que quanto mais avançados os estágios de mineralização óssea, menores eram os níveis de silício. Os resultados obtidos sugerem fortemente que o silício está envolvido e é importante no processo de formação e remodelação óssea.

Carlisle (1981) desenvolveu outro estudo avaliando a deficiência de silício em aves e observou anormalidades e defeitos envolvendo o sistema esquelético, cartilagens e tecido conjuntivo. Quanto ao desenvolvimento, as aves que cresceram com deficiência do mineral

tinham atrofia em todos os órgãos examinados, cristas menores e significativas alterações nos ossos longos e do crânio. As pernas eram bem mais finas e curtas, desproporcionais ao restante do corpo, havendo problemas de flexibilidade e movimentação. A tíbia era significativamente menor nas aves deficientes quando comparadas ao grupo de aves sem carência do mineral, com a densidade óssea chegando a ser até 35% menor. Essas evidências demonstraram a importância e as relações dos níveis de silício com a composição e mineralização óssea e produção de glicosaminoglicanos, colágeno e elastina. Já estava sendo demonstrado, então, a importância desse mineral na manutenção das funções do tecido ósseo em animais e a possível correlação com seres humanos.

Estudos em camundongos e aves demonstraram que, em animais com carência de silício, a pele era notavelmente anormal, os pelos e as penas escassos, as articulações atrofiadas, os ossos frágeis e com má formação, além de diversas alterações bioquímicas dos seus constituintes. O silício também favorecia a incorporação de cálcio nos ossos, em comparação a animais com deficiência do mineral (CARLISLE, 1981; JUGDAOHSINGH, 2007; JURKIĆ et al., 2013; PRICE; KOVAL; LANGFORD, 2013).

Estudos envolvendo a privação de silício em humanos nunca foram realizados. Entretanto, existem comprovações clínicas (PRICE; KOVAL; LANGFORD, 2013).

Schiano et al. (1978) avaliaram pacientes osteoporóticos recebendo suplementação de 5,5 mg/dia de silício por via oral, durante 20 dias do mês, por 3 meses mais 16,5 mg de silício por semana por via intramuscular, durante 4 meses. Ao final dos 4 meses, foi verificado um aumento significativo da densidade relatando os benefícios do silício para a saúde do osso na população humana óssea dos participantes através de análises realizadas no fêmur.

Eisinger e Claret (1993) analisaram a suplementação de silício em comparação a suplementação com fluoreto de sódio (potente estimulador da atividade osteoblástica), etidronato (alivia a dor óssea e impede a remoção do cálcio dos ossos pelos osteoclastos) e magnésio (estimula o hormônio calcitonina, responsável por transferir o cálcio da corrente sanguínea para os ossos) em 53 mulheres com osteoporose. Avaliações do fêmur e das vértebras ocorridos após 22 meses do início da pesquisa demonstrou que a suplementação com etidronato e, em menor grau, o magnésio induziram um aumento da densidade óssea das vértebras nos grupos das mulheres que os utilizaram, embora estatisticamente o aumento não tenha sido significativo. Contudo, os grupos que receberam suplementação com silício e

fluoreto de sódio demonstraram em aumento considerável da densidade óssea tanto no fêmur quanto nas vértebras.

Reffitt et al. (2003) avaliaram 30 mulheres na menopausa que sofriam de osteopenia e não praticavam atividades físicas. As participantes passaram por suplementação com silício via oral, na dose de 28 mg por dia durante 3 meses. Como resultado, houve um aumento da densidade óssea nas vértebras de 13 participantes.

Um estudo desenvolvido por Bae et al. (2008) demonstrou que ratas ovariectomizadas – servindo como um modelo que mimetiza o estado de pós-menopausa nas mulheres – que passaram por uma suplementação com silício durante um mês resultou em um aumento significativo da massa óssea na tíbia e no fêmur, e a suplementação não resultou em ganho de peso nas ratas. Extrapolando esse resultado para humanos, poderia-se inferir que a suplementação com silício gera um efeito positivo na densidade óssea de mulheres na pós-menopausa.

Entretanto, um estudo conduzido por Jugdaohsingh et al. (2004) demonstrou resultados que contestariam a pesquisa anterior. Os pesquisadores buscaram verificar se a ingestão de silício resultava em aumento da densidade óssea em 4 locais do quadril e na região lombar de 1.251 homens e de 1.596 mulheres na pré e pós-menopausa, com idades variando de 30 a 87 anos. A pesquisa se estendeu por seis anos, iniciando em 1996 e finalizando em 2001. Houve aumento da densidade óssea nos homens e nas mulheres na pré-menopausa, porém não obtiveram os mesmos efeitos em mulheres na pós-menopausa. Após considerar a alimentação, prática de exercícios físicos e a atuação de hormônios em cada um dos grupos, sugeriram que fatores hormonais podem se sobrepor a efeitos nutricionais no osso, sendo os efeitos benéficos do silício atenuados nas mulheres na pós-menopausa. O aumento de massa óssea também demonstrou ser dose-dependente, de modo que os participantes que receberam doses de até 40 mg de silício por dia obtiveram os melhores resultados, enquanto os participantes que receberam 14 mg de silício por dia obtiveram um aumento de massa óssea muito discreto.

MacDonald et al. (2005) desenvolveram um estudo com 3.199 mulheres na pré e pós-menopausa recebendo suplementos de silício. A ingestão do mineral mostrou elevar significativamente a massa óssea no fêmur e na coluna das mulheres na pré-menopausa e na pós-menopausa que estivessem realizando terapia de reposição hormonal.

Estes resultados sugerem que existe uma correlação entre um aumento no consumo de silício da dieta com um aumento da densidade óssea, assim como a existência de uma

relação entre a ação do silício no osso e os níveis de estrogênio em mulheres. É sabido que o estrogênio aumenta a absorção intestinal de cálcio, então é possível que também tenha influência na absorção do silício, portanto mais pesquisas devem ser realizadas a fim de estabelecer essa correlação (BOLSCHER et al., 1999).

Outro estudo desenvolvido por Spector et al. (2008) associou a suplementação de silício aliado ao uso de cálcio e de vitamina D e verificou um aumento na densidade óssea em mulheres. Foram avaliados os efeitos do ácido ortosilícico sobre a massa óssea durante 12 meses em mulheres que recebiam previamente uma suplementação com cálcio e vitamina D3, nas doses de 1.000 mg/dia e 20 mcg/dia, respectivamente. As doses de silício administradas variaram de 12, 24 e 30 mg/dia e a densidade óssea a nível lombar e do fêmur foram avaliadas, observando elevação nos níveis da enzima hidroxiprolina e aumento do colágeno tipo I em todos os grupos, com resultados mais expressivos nas mulheres que recebiam 30 mg/dia de silício. Não foram relatados efeitos adversos associados à ingestão do ácido ortosilícico.

No osso, o silício encontra-se ligado a glicosaminoglicanos e tem um papel fundamental na formação de *cross-links* entre as fibras de colágeno e proteoglicanos, polissacarídeos e mucopolissacarídeos, componentes constitutivos do osso. Estudos *in vitro* e *in vivo* demonstraram que o silício atua diretamente na modulação de elementos essenciais aos ossos, como o magnésio, o zinco e o cobre – cofatores de enzimas envolvidas na síntese de componentes da matriz óssea. O silício age sobre o metabolismo do cálcio, pois juntamente com outros minerais e sob a ação da vitamina D, garante a assimilação e incorporação do cálcio nos ossos. O silício estimula a síntese de colágeno tipo I por modular a atividade da hidroxiprolina, a enzima envolvida na produção dessa proteína estrutural. Além disso, notou-se um aumento nos níveis de RNAm das proteínas estruturais, sugerindo um provável envolvimento do silício na transcrição gênica. Atua também na diferenciação dos osteoblastos, na síntese de osteocalcina e na atividade da fosfatase alcalina. Em indivíduos que tenham sofrido fratura, o silício auxilia no reparo, mas seus efeitos na reabsorção óssea e na atividade dos osteoclastos ainda não estão completamente elucidados (CARLISLE, 1970a; CARLISLE, 1970b; CARLISLE, 1981; HOTT et al., 1993; SEABORN; NIELSEN, 2002; REFFITT et al., 2003; JUGDAOHSINGH et al., 2004; JUGDAOHSINGH, 2007; BAE et al., 2008; PRICE; KOVAL; LANGFORD, 2013).

A influência do silício na saúde óssea tornou-se uma importante área de estudo, com o intuito de melhor entender os impactos resultantes deste mineral nos ossos. A obtenção do silício da dieta passou também a ser bastante considerada, tendo o ácido orto-silícico – um

composto orgânico que possui o mineral – recebido destaque e realmente merecer atenção, pois desempenha um papel crucial no fornecimento do mineral para as células, sendo essencial para a formação óssea (CARLISLE, 1981; JUGDAOHSINGH, 2007; JURKIĆ et al., 2013; PRICE; KOVAL; LANGFORD, 2013).

O consumo de silício através dos alimentos é seguro e, mesmo em doses elevadas, é bem tolerado pelo organismo, dificilmente resultando em toxicidade. Os compostos de silício solúveis são absorvidos pelo trato intestinal e o excesso é eliminado pelos rins dentro de 4 a 8 horas após a ingestão; portanto, é improvável que o silício sofra acumulação no organismo de indivíduos saudáveis (GITELMAN; ALDERMAN; PERRI, 1992; JUGDAOHSINGH, 2007; VASANTHI; SALEENA; RAJ, 2012).

A ingestão de silício através de suplementos deve ser mais cautelosa, pois deve haver uma atenção quanto à forma ingerida do mineral. Havendo uma suplementação excessiva e prolongada de determinadas moléculas contendo o silício, como o dióxido de silício, por exemplo, os efeitos benéficos deste mineral já não são mais identificados, com pouca melhora na densidade óssea. Quando determinadas formas do silício encontram-se em excesso, ocorre uma diminuição da absorção intestinal de cálcio e magnésio. Além disso, podem causar distúrbios nas articulações e irritação da pele. O excesso de dióxido de silício deposita-se nos tecidos e pode causar reações locais, tais como superprodução de colágeno, gerando endurecimento e perda de flexibilidade dos tecidos, assim como o aparecimento de granulomas. Raramente pode resultar em cálculos renais, além de outros possíveis efeitos danosos ainda não elucidados (GITELMAN; ALDERMAN; PERRI, 1992; JUGDAOHSINGH, 2007; VASANTHI; SALEENA; RAJ, 2012).

Entretanto, o consumo excessivo de suplementos contendo o ácido ortosilícico por via oral não causou toxicidade em animais e humanos, mesmo nas pesquisas com animais em que houve suplementação de ácido ortosilícico em dosagem mil vezes maior que a adequada. Em indivíduos com problemas renais crônicos, o silício pode se acumular, uma vez que a função renal comprometida impede a excreção do mineral. Mesmo havendo a suplementação de silício nestes indivíduos, com os níveis séricos do mineral estando até dez vezes maiores que os níveis encontrados em um indivíduo saudável, não foram identificados efeitos adversos nestas concentrações elevadas (GITELMAN; ALDERMAN; PERRI, 1992; JUGDAOHSINGH, 2007; VASANTHI; SALEENA; RAJ, 2012; JURKIĆ et al., 2013).

Aditivos contendo silício, normalmente silicatos, são adicionados a alimentos industrializados e processados como agentes antiaglomerantes (no sal de cozinha e no leite em

pó), agentes emulsionantes e espessantes (em molhos), estabilizantes (em bebidas), antiemectantes (em alimentos desidratados, no sal, queijos, arroz, goma de mascar, condimentos) e agentes antiespumante (em óleos e gorduras e preparados líquidos para sucos e refrigerantes). Os silicatos na forma líquida tendem a causar mais efeitos adversos, como irritações cutâneas e intestinais. Os silicatos sólidos geralmente são inertes e não absorvidos pelo trato gastrointestinal. Para evitar o aparecimento de efeitos adversos e, ainda assim, garantir ação específica nos alimentos, muitos países estipularam que estes aditivos devem ser adicionados em porcentagem menor que 2% do peso do alimento (VILLOTA; HAWKES; COCHRANE, 1986; VAN KESTEREN et al., 2015).

Pelo fato de muitas das funções biológicas do silício permanecerem desconhecidas, ainda não existe uma recomendação de ingestão diária oficial deste mineral. Contudo, considerando o risco de exposição ao dióxido de silício presente em alimentos como um aditivo alimentar (E551), o consumo máximo seguro de silício por dia deve ser de 700 mg para adultos, o equivalente a 12 mg de silício/kg/dia para um adulto de 60 quilos (DEKKERS et al., 2011; JURKIĆ et al., 2013; VAN KESTEREN et al., 2015).

Quanto à ingestão diária recomendada de silício para a saúde óssea, a quantidade média estipulada difere entre países e é variável com a dieta de uma determinada população. Os Estados Unidos recomendam uma ingestão diária de 15-30 mg de silício para homens e 20-25 mg de silício para mulheres jovens. O valor para mulheres na menopausa aumenta para 30-50 mg de silício por dia. Na Finlândia, recomenda-se 25-30 mg de silício para homens e mulheres adultos e, na Inglaterra, a recomendação se estende de 20-50 mg de silício por dia para ambos os sexos. Na China e na Índia, o consumo de silício diário chega a alcançar 140-200 mg, pois grãos, frutas e vegetais formam a maior parte da alimentação. Nestes dois países, inclusive, as incidências de fraturas de quadril são as mais baixas quando comparadas a todas as outras regiões do mundo (JOHNELL; KANIS, 2004; JURKIĆ et al., 2013).

A concentração de silício diminui com o avançar da idade nos diferentes tecidos e a obtenção de silício na dieta tende a diminuir aproximadamente 0,1 mg por ano, podendo se iniciar dentro da faixa dos 26 aos 39 anos de idade. Em avaliações realizadas nos Estados Unidos, a população de mulheres na pós-menopausa raramente consumia níveis de 40 mg de silício por dia, tendo um consumo bastante inferior (JURKIĆ et al., 2013; PRICE; KOVAL; LANGFORD, 2013).

A determinação do papel biológico deste oligoelemento pode ter uma aplicação considerável na nutrição como medida preventiva e/ou terapêutica de doenças ósseas como a

osteoporose. A suplementação de silício acelera a mineralização óssea, e o processo de calcificação é mais eficaz na presença deste mineral, pois sua interação com o colágeno resulta em maior qualidade e densidade da matriz óssea, reduzindo a fragilidade. Uma dieta com níveis adequados de silício garante um potencial terapêutico, incluindo a prevenção de processos degenerativos (CARLISLE, 1970a, CARLISLE, 1970b; CARLISLE, 1981; HOTT et al., 1993; JUGDAOHSINGH, 2007; PRICE; KOVAL; LANGFORD, 2013).

3.2.1 Fontes de silício e biodisponibilidade

O silício ocorre em altas concentrações em grãos, tais como nos cereais, aveia, cevada, trigo e arroz, em certos vegetais, ervas, frutos do mar, na água – dependendo das fontes e da geologia circundante – e na cerveja. Em contraste, os níveis de silício são mais baixos em alimentos de origem animal, incluindo carnes e produtos lácteos, assim como alimentos processados ou refinados (BOWEN; PEGGS, 1984; JUGDAOHSINGH, 2007; JURKIĆ et al., 2013).

Nos últimos tempos, o modo como os alimentos são produzidos e preparados tem reduzido a exposição ao silício. O processamento e refino reduzem significativamente os níveis de silício nos alimentos, assim como os processos de tratamento e filtração das águas, e até mesmo o cultivo hidropônico de vegetais. Assim como é válido para todos os outros nutrientes, os hábitos alimentares de cada indivíduo ditam a exposição ao silício (BROADHURST, 1999; JUGDAOHSINGH et al., 2004).

As maiores fontes de silício na dieta ocidental provêm de cereais (40%), seguido de frutas, bebidas e vegetais, estes últimos compreendendo cerca de 60% da ingestão total de silício. Nos grãos, a maior concentração de silício encontra-se nas cascas. Embora vegetais contenham altos níveis de silício, a sua biodisponibilidade a partir destas fontes é questionável devido à complexidade e baixa solubilidade dos compostos que contêm silício nestes alimentos (PENNINGTON, 1991; BELLIA; BIRCHALL; ROBERTS, 1994; VAN DYCK et al., 1999; MA et al., 2003; MACDONALD et al., 2005; JURKIĆ et al., 2013).

O silício encontra-se naturalmente presente em alimentos nas formas de dióxido de silício, ácido orto-silícico, ácido silícico complexado à nutrientes, e na forma de silicato (REFFITT et al., 1999; JUGDAOHSINGH et al., 2002; JURKIĆ et al., 2013).

A biodisponibilidade do silício para absorção intestinal depende da solubilidade do composto contendo o mineral. Quando se analisa o consumo do silício na dieta, a concentração do mineral nos alimentos não deve ser o único aspecto a ser considerado porque

a biodisponibilidade possui grande importância. Quanto maior for a biodisponibilidade do composto, maior será a sua absorção pelo trato gastrointestinal. Portanto, o fato de um determinado alimento possuir altos níveis de silício não significa que a maior porção do mesmo será absorvida. A absorção do mineral é variável entre os diferentes alimentos (SRIPANYAKORN et al., 2009; JURKIĆ et al., 2013; PRICE; KOVAL; LANGFORD, 2013).

O silício presente em alimentos sólidos encontra-se em estruturas moleculares bastante polimerizadas, portanto possuem baixa taxa de absorção. Contudo, dependendo do grau de polimerização, essas moléculas podem ser hidrolizadas e transformadas no trato gastrointestinal em uma outra molécula bastante solúvel e biodisponível, o ácido orto-silícico (H_4SiO_4). Estudos indicam que a absorção deste composto se constitui na fonte principal de silício para o ser humano. O ácido orto-silícico é uma sílica monomérica, de pequena estrutura, neutro e prontamente absorvido pelo trato gastrointestinal, enquanto moléculas maiores, polimerizadas, coloidais e com cargas elétricas precisam ser quebradas em monômeros solúveis para que possa haver absorção. Desta forma, para uma absorção eficiente, deve haver a degradação de moléculas maiores em espécies menores e solúveis, tais como ácido orto-silícico. A taxa de dissociação e dissolução dos polímeros ou colóides depende exclusivamente do grau de polimerização da molécula (JURKIĆ et al., 2013; PRICE; KOVAL; LANGFORD, 2013).

Bananas possuem altas concentrações de silício – em torno de 5,5 mg de silício a cada 100 gramas da fruta –, mas a absorção do mineral através do consumo desta fruta é de apenas 2% do total, uma quantidade negligenciável. O feijão verde possui concentração de silício menor que a da banana, em torno de 2,5mg/100g, mas a absorção do mineral pela ingestão desta leguminosa é de 50%, quantidade bastante superior. Isso demonstra que o conhecimento sobre a existência de moléculas em diversas conformações contendo silício e os mecanismos de biotransformação desses compostos pelo sistema gastrointestinal são importantes para que se possa estabelecer uma relação correta entre o consumo do mineral e sua absorção (PRICE; KOVAL; LANGFORD, 2013).

Suplementos de silício são largamente utilizados e os perfis de absorção variam dependendo da forma química contendo o mineral. Os silicatos formados por metais alcalinos (M_2SiO_3) – aceitos farmaceuticamente – liberam o ácido ortosilícico uma vez que entrem em contato com o ácido clorídrico estomacal. O uso de monometilsilanotriol é comum na França, o ácido ortosilícico estabilizado por colina é muito utilizado na Bélgica e formas colodais são

bastante encontradas em suplementos na Alemanha. O monometilsilanotriol consiste em uma sílica orgânica e monomérica, enquanto os demais compostos contêm silício em compostos polimerizados, tendo demonstrado em estudos possuírem graus de absorção variáveis, de 1 a 50% (REFFITT et al., 1999; JUGDAOHSINGH et al., 2002; SRIPANYAKORN et al., 2009; JURKIĆ et al., 2013).

Em bebidas, como a cerveja, o silício está presente como ácido orto-silícico, sendo uma fonte significativa de silício que é prontamente absorvido. Por possuir altas concentrações de silício biodisponível e ser bastante consumido no mundo, a cerveja contribui significativamente para a ingestão total do mineral nas dietas. O lúpulo e a cevada são os ingredientes da cerveja que mais possuem silício, sendo o lúpulo o que detém a maior concentração (BELLIA; BIRCHALL; ROBERTS, 1994; JUGDAOHSINGH et al., 2002; MARTIN, 2006; SRIPANYAKORN et al., 2009; CASEY; BAMFORTH, 2010; PRICE; KOVAL; LANGFORD, 2013).

Após a ingestão de silício biodisponível, há um aumento da concentração plasmática do mesmo, mas o silício é rapidamente absorvido e os níveis plasmáticos voltam a baixar (REFFITT et al., 1999).

Para determinar a absorção de silício a partir de alimentos, a dosagem de silício plasmático e urinário é bastante útil. Quase todo o silício que chega à corrente sanguínea após a absorção intestinal – na forma de ácido orto-silícico – encontra-se na forma livre, não estando ligado a proteínas plasmáticas. Quanto à excreção, os rins são a principal rota de eliminação do silício, que é filtrado pelos túbulos renais e somente pequenas quantidades são reabsorvidas (JUGDAOHSINGH et al., 2002; JURKIĆ et al., 2013; PRICE; KOVAL; LANGFORD, 2013).

Popplewell et al. (1998) verificaram que 90% da quantidade total excretada ocorre nas primeiras horas após a absorção e que a eliminação do silício ocorre em duas etapas. Na fase lenta, leva-se em conta a absorção intracelular e subsequente liberação do excesso de silício das células e a fase rápida se deve à rápida liberação do silício retido no meio extracelular.

Quando ocorre deficiência de silício, há uma queda dos níveis plasmático e urinário. Após análises de ambas as amostras em situações em que houve consumo muito baixo de silício, a concentração plasmática se eleva levemente e a urinária diminui, sugerindo que exista um mecanismo de regulação para conservar o mineral no organismo, sem haver

excreção pela urina, com uma maior reabsorção pelos túbulos renais (BERLYNE et al., 1986; CALOMME; COS; D’HAESE, 1998; JURKIĆ et al., 2013)

Charnot e Peres (1971) realizaram um estudo com camundongos, sugerindo que a idade, os hormônios e o gênero do animal afetavam a absorção, o metabolismo e a excreção do silício. Outro fator que influenciaria na absorção de silício é o conteúdo de gorduras e de fibras alimentares presentes nos alimentos ingeridos (KELSAY; BEHALL; PRATHER, 1979; NATH, 2000).

Um estudo desenvolvido por Jugdaohsingh, Sripanyakorn e Powell (2013) determinou que o metabolismo do silício sofre variações dependendo da idade e do sexo do indivíduo, comparando as concentrações plasmáticas e a excreção urinária do silício entre homens jovens e adultos e entre mulheres na pré e pós-menopausa, seguidos de uma ingestão de 17,4 mg de silício na forma de ácido orto-silícico. A dose de 17,4 mg de silício representa grande parte da quantidade recomendada como ingestão diária do mineral na dieta ocidental e poderia ser adquirida através da ingestão de cerveja ou de uma refeição contendo feijão verde. Os resultados mostraram que a absorção intestinal do silício e a excreção urinária variaram dependendo da idade, gênero ou dos níveis de estrogênio, no caso das mulheres. A absorção foi mais extensa e rápida em jovens adultos – homens e mulheres na pré-menopausa – que no grupo dos adultos mais velhos – homens e mulheres na pós-menopausa. A excreção no primeiro grupo também foi mais rápida.

3.3 Cerveja: questão cultural e social

3.3.1 História da cerveja

A cerveja é uma bebida de produção e consumo extensos em todo o mundo, sendo um produto valorizado por suas propriedades físico-químicas (i.e., sua qualidade), tanto quanto por seu envolvimento com a religião, culinária e tradição. Deste modo, a história da produção de cerveja não é apenas um relato dos avanços científicos e tecnológicos, mas é o conto de vários povos – os seus governos, a sua economia, seus ritos e sua vida diária (FEASEY, 2007; MEUSSDOERFFER, 2009; REBELLO, 2009; MEGA, 2011).

Existem certas dificuldades quanto às pesquisas sobre o surgimento dos processos de fermentação e da fabricação da cerveja. Há uma abundância de informações disponíveis em alemão, holandês, francês, dinamarquês e em checo, mas que não são reconhecidas devido à barreira linguística. Uma segunda dificuldade consiste na disponibilidade e confiabilidade de determinadas fontes. O conhecimento sobre a fabricação de cerveja provém, basicamente, de

artefatos arqueológicos e através de desenhos e documentos antigos (MEUSSDOERFFER, 2009).

A cerveja produzida atualmente sofreu várias modificações em sua composição e é bastante diferente das bebidas fermentadas à base de cereais elaboradas anteriormente. As bebidas sempre foram produzidas baseadas nas tradições regionais e preferências (MEUSSDOERFFER, 2009; REBELLO, 2009).

É estimada que a produção de bebidas fermentadas ocorre há mais de 10.000 anos e presume-se que a cerveja tenha sido descoberta de forma acidental, devido a uma fermentação inesperada de algum cereal utilizado na fabricação de pães. Quando a massa do pão estava molhada, ocorria o processo de fermentação, que resultava em um produto saboroso para os povos daquela época – um “pão líquido” (GRETTON, 1929; FEASEY, 2007).

Reconhece-se que a produção de cerveja tenha iniciado há cerca de 8.000 anos a.C., concomitantemente com o início do cultivo de grãos. A produção de cerveja é tão antiga quanto o surgimento da agricultura e essa bebida tem os cereais como um dos principais ingredientes, e sua produção não seria possível se não houvesse o cultivo destes grãos (GRETTON, 1929; FEASEY, 2007).

Os relatos e provas arqueológicas mais antigas e concretas sobre a produção de cerveja remetem à Mesopotâmia, mais especificamente à Suméria. A produção de cerveja pelos sumérios era bastante rudimentar, utilizando grãos moídos e transformados em pão, que subsequentemente eram molhados e fermentados quando expostos ao sol. Após a queda do império sumério, houve o surgimento de uma nova civilização – a Babilônia – que desenvolveu tecnologias mais avançadas, colaborando nos avanços dos processos de fabricação de cerveja. Os egípcios foram outro grande povo a produzir esta bebida, bastante comum e apreciada. Cervejas de todos os tipos eram fabricadas – fortes, leves, claras, escuras, mais adocicadas e tendo adição de ervas aromáticas, frutas e mel. As terras desses povos possuíam diversas vantagens naturais, incluindo a fertilidade do solo, que recebia irrigação do rio Nilo, no Egito, e do rio Tigre e Eufrates, na Babilônia. A produção de cerveja e de pão era bastante comum e, muitas vezes, eram realizadas em conjunto, pois ambos os produtos levavam grãos e necessitavam da fermentação. Os pré-requisitos para a fermentação incluíam a disponibilidade de grãos adequados, uma fonte de energia controlável – lareiras eram bastante comuns – e recipientes apropriados para o processo fermentativo – caldeiras de cerâmica ou metal (GRETTON, 1929; DARBY, 1979; FEASEY, 2007; BAMFORTH, 2008; MEUSSDOERFFER, 2009).

A cerveja desempenhou um papel vital em sociedades primitivas, sendo fundamental nas refeições e também servida como uma oferenda aos deuses. Acreditava-se ser um componente essencial da dieta divina, portanto era bastante requisitada e apreciada por adoradores. A cerveja não era somente vista como uma bebida, sendo utilizada também para outros fins. Como as doenças eram reconhecidas como um castigo proveniente dos céus, rituais e magias eram parte integrante de terapias. Uma vez que a cerveja era uma oferenda, não é à toa que se constituía em um elemento básico no tratamento de doenças, entrando na formulação de medicamentos e tendo uso medicinal em feridas, no procedimento de enema, para limpeza vaginal e até como enxaguante bucal (GRETTON, 1929; DARBY, 1979; BAMFORTH, 2008; MEUSSDOERFFER, 2009).

Dada a grande importância comercial e social da cerveja, não é surpreendente que esforços imensos foram feitos em relação à sua produção, a fim de adaptar o produto final às preferências dos consumidores e para otimizar a eficiência e rentabilidade do processo. Há 4.000 anos, os babilônios já produziam 18 tipos de cerveja e há 2.200 anos já existiam locais especializados para a produção única de cerveja – as cervejarias. Estes estabelecimentos eram dirigidos por mulheres e as regras do local eram bastante severas, pois a produção de cerveja era levada muito a sério e bastante respeitada. Se houvesse fabricação de uma cerveja considerada ruim, as cervejeiras eram afogadas no seu próprio produto. Em muitos estabelecimentos, dependendo da época do ano e de como ocorria o cultivo de grãos, o pagamento deveria ser realizado com espigas de milho (GRETTON, 1929; FEASEY, 2007; MEUSSDOERFFER, 2009).

Os gregos passaram a produzir cerveja após conquistarem o Egito. A partir de então, o conhecimento e a fabricação de cerveja se alastrou pelo norte da Europa. Contudo, foi na Idade Média que a cerveja ganhou o sabor característico similar da consumida atualmente, pois passou a ser fabricada com o malte de cevada e o lúpulo, que descobriram ser um conservante natural. A cerveja era utilizada como mercadoria de comércio e como moeda para o pagamento de impostos (FEASEY, 2007; MEUSSDOERFFER, 2009).

No século XIX, o processo de produção de cerveja chegou aos Estados Unidos através de imigrantes alemães. Na época do Brasil colônia, os portugueses impediram a chegada da cerveja temendo perder o mercado bastante rentável e difundido dos seus famosos vinhos. A cerveja foi trazida somente em 1808, pela Família Real Portuguesa devido à sua mudança para a colônia e por seu apreço pela bebida. A ascensão e popularização da cerveja foi bastante demorada, principalmente pela influência e pressão dos portugueses, tendo o

vinho continuado a ocupar a posição de bebida mais comercializada no Brasil. Com o passar dos anos, o consumo da cerveja foi crescendo gradativamente e, no de ano de 1836, no Rio de Janeiro, iniciou-se a fabricação de cerveja no Brasil (MEUSSDOERFFER, 2009; MEGA, 2011).

3.3.2 Ingredientes da cerveja

A legislação brasileira atual define a cerveja como uma bebida adquirida através da fermentação alcoólica de produto obtido do malte de cevada, água potável, levedura e lúpulo, os quatro ingredientes básicos. Parte do malte da cevada poderá ser substituído por adjuntos – arroz, trigo, centeio, milho, aveia e sorgo, todos integrais, em flocos ou a sua parte amilácea – e por carboidratos de origem vegetal, transformados ou não (BRASIL. DECRETO No. 2.314, 1997).

Atualmente, a cerveja é produzida com o auxílio de avançadas tecnologias, porém os produtos mantêm a importância da tradição (PREEDY, 2008; WUNDERLICH; BACK, 2009; D'AVILA et al., 2012).

Do ponto de vista tecnológico, a cerveja tem três principais propriedades com base em seu conteúdo e processo de fabricação. O primeiro ponto se refere à pureza do produto, garantida pela pureza de seus ingredientes. Patógenos não são encontrados na cerveja devido ao pH, presença do lúpulo – um antimicrobiano natural –, pelo teor de álcool e pelo fato de as leveduras fermentarem praticamente todos os açúcares fermentáveis presentes – açúcares estes que poderiam ser utilizados por bactérias indesejáveis para seu crescimento. Portanto, não haveria disponibilidade de nutrientes, caso houvesse presença de outros microrganismos. Ademais, as etapas do processo levam à destruição e separação de substâncias exógenas e/ou nocivas. O segundo ponto é a robustez ou vigor da cerveja decorrente da variabilidade e equilíbrio dos constituintes. A cerveja é uma fonte rica de vitaminas, especialmente do complexo B, antioxidantes e minerais, sendo uma excelente fonte de silício. Existe uma série de constituintes provenientes dos ingredientes principais que vêm sendo isolados e estudados, demonstrando conterem propriedades anti-inflamatórias, antivirais e imunológicas, contribuindo para a natureza saudável da cerveja. O terceiro ponto se refere à produção em si. Em todo o mundo, mais de 100 tipos de cervejas são produzidos, diferindo na seleção de matérias-primas e nas etapas do processamento (BRIGGS et al., 2004; BAMFORTH, 2000; PREEDY, 2008; BAMFORTH, 2009; WUNDERLICH; BACK, 2009; D'AVILA et al., 2012).

As boas características dos ingredientes são fundamentais para um produto de qualidade e saboroso. A aquisição de matérias-primas precisa seguir estritamente critérios de qualidade pré-definidos. Estes critérios são tão variáveis quanto os diferentes tipos de cerveja no mercado (WALKER, 1999; BRIGGS et al., 2004; PREEDY, 2008; WUNDERLICH; BACK, 2009; D'AVILA et al., 2012).

3.3.2.1 Água

A água é o ingrediente majoritário da cerveja, podendo corresponder a 93% da formulação, portanto sua pureza e qualidade são importantes. Antigamente, não havia a tecnologia da química moderna para modificar as características da água, de modo que a água influenciou nos estilos e nos traços de certos tipos de cerveja produzidos em determinadas regiões do mundo. Atualmente, a água pode passar por tratamentos físicos e químicos e ter suas características ajustadas conforme as necessidades (WALKER, 1999; BRIGGS et al., 2004; PREEDY, 2008; REBELLO, 2009; WUNDERLICH; BACK, 2009; D'AVILA et al., 2012).

A qualidade da água é geralmente determinada por legislação, devendo ser potável, pura e livre de patógenos – avaliação realizada através de análises químicas e microbiológicas. Os produtores de cerveja exigem que a água utilizada – que provém de diferentes fontes e, muitas vezes, de poços artesianos próprios – exigências mais rígidas que as expressas na legislação específica de água potável. Existem requisitos auxiliares na escolha da água, pois as características são decisivas para o paladar da cerveja. O valor do pH é importante porque as diferentes fases da produção devem ocorrer em condições ótimas de pH e, ao decorrer destas mesmas etapas, íons são liberados dos demais ingredientes, podendo reagir com as moléculas de água e causar alterações no pH. Um pH variando de 6,5 a 8 é ideal. A dureza também é avaliada, pois a água não deve conter altos níveis de carbonatos, nitratos e metais pesados, pois podem alterar as funções das enzimas e da levedura. A turbidez, presença de matéria orgânica, de sólidos totais dissolvidos, e de CO₂ livre são também levados em conta (WALKER, 1999; BRIGGS et al., 2004; PREEDY, 2008; REBELLO, 2009; WUNDERLICH; BACK, 2009; D'AVILA et al., 2012).

3.3.2.2 Cereais

Os cereais são o segundo ingrediente em maior concentração na cerveja. A cevada (*Hordeum vulgare*) é o principal cereal utilizado na fabricação da cerveja, geralmente estando

em maior quantidade. Entretanto, outros cereais, como o arroz, trigo, milho e centeio também podem ser utilizados na produção da cerveja e, na maioria das vezes, são empregados juntamente com a cevada. Recentemente, os pseudo-cereais, como o sorgo – sementes semelhantes aos cereais, contendo amido, mas não pertencentes à esta classe – têm sido estudados para possível adição à cerveja, por possuírem boa disponibilidade, serem rentáveis, e poderem fornecer cor e aromas especiais ao produto final, contribuições importantes para a qualidade do produto (WALKER, 1999; BRIGGS et al., 2004; PREEDY, 2008; WUNDERLICH; BACK, 2009; D’AVILA et al., 2012).

Os cereais são a fonte primária de cor e fornecem o corpo da cerveja, sendo um dos principais contribuintes para os perfis de sabores e aromas, assim como o lúpulo (WALKER, 1999; BRIGGS et al., 2004; PREEDY, 2008; WUNDERLICH; BACK, 2009; D’AVILA et al., 2012).

É possível utilizar pós ou xaropes de milho, arroz e trigo como adjuntos, sendo a adição destes regulamentada em cada país. Estes produtos são dissolvidos no mosto antes da fermentação, podendo ser usados para aumentar a gravidade específica e quantidade de açúcares fermentáveis do mosto sem encorpar a bebida nem alterar o sabor ou a cor. Oferecem à cerveja um sabor mais suave e um corpo mais leve. Deve-se atentar ao percentual incorporado para evitar desenvolvimento de sabor muito ácido. Usualmente são utilizadas em quantidades pequenas (10%), mas o uso pode chegar a 30%. Concentrações acima de 30% podem afetar a ação das leveduras e alterar as propriedades da bebida (PREEDY, 2008; WUNDERLICH, 2009; D’AVILA et al., 2012).

O uso de xaropes é mais popular que o uso de pós devido às características específicas necessárias para a estocagem deste último. Os xaropes de cereais podem ser derivados a partir de uma mistura do cereal convencional e o geneticamente modificado (WALKER, 1999; BRIGGS et al., 2004; PREEDY, 2008; WUNDERLICH, 2009; D’AVILA et al., 2012).

O amido é o conteúdo mais importante nos grãos dos cereais para os fabricantes de cerveja. O amido é produzido durante a fotossíntese e é armazenado em grânulos. Cerca de 63% do peso seco do grão é amido. O amido é composto de amilose (20-25%) e amilopectina (75-80%) que consistem em ligações glicosídicas de glicose do tipo α -(1,4). A amilopectina é uma molécula mais complexa que a amilase e pode absorver água em sua estrutura macromolecular, facilitando degradações enzimáticas. Os cereais fornecem o amido e outros carboidratos para serem fermentados pelas leveduras para produção de álcool e gás carbônico. Os cereais também propiciam os nutrientes essenciais que as leveduras necessitam para se

reproduzirem (WALKER, 1999; BRIGGS et al., 2004; PREEDY, 2008; WUNDERLICH; BACK, 2009).

3.3.2.3 *Lúpulo*

O lúpulo (*Humulus lupulus* L.) é o tempero da cerveja, sendo o terceiro ingrediente em maior quantidade. Para a produção de 100 litros de cerveja são necessários cerca de 40 a 300 gramas de lúpulo (WALKER, 1999; BRIGGS et al., 2004; PREEDY, 2008; WUNDERLICH; BACK, 2009).

O lúpulo não altera o teor alcoólico da cerveja ou o seu corpo. Oferece à cerveja o seu amargor e aroma típicos, além de contribuir para a estabilidade da espuma. Tradicionalmente, também é adicionado durante a fabricação devido aos seus efeitos conservantes e antimicrobianos. O lúpulo é um conservante natural e, à princípio, era misturado aos barris de cerveja após a fermentação a fim de que a bebida permanecesse com as mesmas propriedades durante o armazenamento e o transporte, prolongando a durabilidade, estabilidade microbiológica e físico-química. Além disso, o lúpulo contém substâncias farmacologicamente ativas, que vem sendo examinadas em estudos mais recentes por conterem propriedades antivirais e anti-inflamatórias (WALKER, 1999; BRIGGS et al., 2004; PREEDY, 2008; WUNDERLICH; BACK, 2009).

Três grupos de substâncias presentes no lúpulo são especialmente interessantes para a cerveja: as resinas, os agentes aromatizantes e os polifenóis. As resinas constituem cerca de 10-20% do peso seco do lúpulo, representando a soma de todas as substâncias responsáveis pelo amargor. As resinas têm propriedades bacteriosáticas e contribuem para vários outros aspectos da cerveja (WALKER, 1999; BRIGGS et al., 2004; PREEDY, 2008; WUNDERLICH; BACK, 2009).

Aproximadamente 0,4-2,0% do peso seco do lúpulo correspondem aos agentes aromatizantes. Estes são os óleos essenciais, responsáveis pelo aroma do lúpulo. Mais de 300 substâncias voláteis foram identificadas até agora (KONDO, 2003; MORADO, 2009; SIQUEIRA; BOLINI; MACEDO, 2009; D'AVILA et al., 2012).

Os polifenóis (4-14% do peso seco) também têm impacto sobre a qualidade da cerveja. Os de baixo peso molecular demonstram ter propriedades antioxidantes, dentre os seus benefícios. O polifenol xanthohumol foi identificado como um possível agente anticancerígeno. A quantidade de polifenóis na composição da cerveja dependerá da

variedade do lúpulo, área de cultivo e as condições climáticas (KONDO, 2003; MORADO, 2009; SIQUEIRA; BOLINI; MACEDO, 2009; D'AVILA et al., 2012).

Cada variedade de lúpulo possui particularidades quanto ao aroma e sabor, permitindo aos cervejeiros que determinem a que mais convém ao paladar e às exigências da marca. Os fabricantes costumam utilizar uma determinada variedade de lúpulo para garantir que sua cerveja tenha o mesmo sabor específico. Extratos de lúpulo são adquiridos através de extração com etanol ou dióxido de carbono. Após a extração, os solventes utilizados são removidos ao máximo, para não afetar o sabor final do produto, por agregar características tóxicas e indesejáveis (KONDO, 2003; MORADO, 2009; SIQUEIRA; BOLINI; MACEDO, 2009; D'AVILA et al., 2012).

3.3.2.4 Leveduras

As leveduras compreendem outro ingrediente principal. A escolha da levedura utilizada no processo depende dos seguintes critérios: o tipo de fermentação (*bottom* ou *top*), se será utilizada em pó ou em flóculos e a performance da fermentação (velocidade e extensão). Geralmente, as leveduras utilizadas são as do gênero *Saccharomyces*, sendo as espécies *S. cerevisiae* e *S. uvarum* as mais comuns, mas existem centenas de variedades de leveduras e muitas cervejarias mantêm as suas próprias linhagens de leveduras. O gênero *Saccharomyces* é bastante eficiente na fermentação de diversos tipos de açúcares, tais como a sacarose, glicose, frutose, galactose, manose, maltose e maltotriose. A utilização de uma levedura deve considerar o potencial na produção de etanol e dióxido de carbono e ter alta resistência ao etanol. Em cervejas especiais, outros gêneros de leveduras podem ser utilizadas, como por exemplo as *Brettanomyces*. Na fermentação do tipo *bottom* as leveduras (*S. uvarum*) são cultivadas de 8 a 14° C, enquanto na fermentação do tipo *top*, as leveduras (*S. cerevisiae*) são mantidas de 15 a 26° C. O mosto proveniente do malte da cevada é a solução nutriente ideal para a levedura. Os carboidratos, como frutose, glicose, sacarose, maltose e maltotriose são açúcares utilizáveis na fermentação. No mosto, o nitrogênio está, principalmente, em aminoácidos, peptídeos e proteínas. Após a fermentação, além da produção de etanol e dióxido de carbono, outros produtos são gerados, como diacetilo e ésteres (PREEDY, 2008; MORADO, 2009; WUNDERLICH; BACK, 2009; D'AVILA et al., 2012).

3.3.3 Processo de produção da cerveja

A produção de cerveja se constitui de várias etapas. Cada uma tem um impacto sobre as propriedades e qualidade da cerveja resultante (SIQUEIRA; BOLINI; MACEDO, 2009).

3.3.3.1 *Maltagem*

A primeira etapa é a maltagem, operação em que ocorre a transformação de um cereal, normalmente a cevada, em malte. A composição da cevada pode variar dependendo do tipo, condições de crescimento, clima, colheita, pré-seleção, e assim por diante. A cevada é raramente entregue aos fabricantes vinda diretamente dos campos de colheita. Os comerciantes dos grãos normalmente são responsáveis pela pré-limpeza dos grãos e por análises laboratoriais de amostras dos grãos (PREEDY, 2008; SIQUEIRA; BOLINI; MACEDO, 2009; WUNDERLICH; BACK, 2009).

A maltagem consiste na germinação dos grãos da cevada, ocorrendo da quebra de moléculas de amido presentes no cereal em moléculas de menores dimensões, tornando-as mais acessíveis para que as leveduras façam a fermentação. Os grãos são molhados para induzir a germinação e, uma vez atingida a fase ótima para a germinação em que o amido está mais acessível para uso pelas leveduras, é realizada a secagem, que interrompe a germinação e os demais processos metabólicos, além de ativar amilases produzidas durante a germinação, responsáveis por quebrar moléculas de carboidratos e proteínas, tornando-as mais hidrolizáveis para as etapas seguintes. Finalizada a secagem, o malte é obtido. Durante a secagem há o desenvolvimento de aromas. Caso a secagem seja realizada a temperaturas mais altas, obtém-se um malte com aroma e coloração de caramelo (KUNZE, 2014; PREEDY, 2008; WUNDERLICH; BACK, 2009).

O malte pode ser obtido também através de outros grãos e, dependendo do grão utilizado, as características sensoriais da cerveja serão diferentes (PREEDY, 2008; WUNDERLICH; BACK, 2009).

3.3.3.2 *Moagem*

A moagem é a segunda etapa. Após a obtenção do malte, é preciso realizar sua moagem, com a quebra da casca e liberação do conteúdo interior. Nesta etapa são separadas pedras e partículas maiores para não prejudicar o produto e os equipamentos. Geralmente, o malte de cevada ou misturas de malte são utilizadas em somente um processo de fermentação. A moagem permite aumentar a superfície de contato para a ação das enzimas. A eficiência

deste processo tem um impacto nas etapas seguintes (BRIGGS et al., 2004; KUNZE, 2014; PREEDY, 2008; WUNDERLICH; BACK, 2009).

3.3.3.3 Brassagem

Durante a brassagem, deve haver ação de enzimas, transformando açúcares não-fermentáveis em açúcares fermentáveis. O amido presente no malte tem composição de diversos açúcares arranjados em diferentes formas. Na fabricação da cerveja, normalmente são utilizadas as enzimas α -amilase – que realiza quebra de moléculas maiores – e β -amilase – quebra de moléculas menores. Estas enzimas tem uma faixa ótima de atividade, que devem levar em conta o pH e a temperatura (BRIGGS et al., 2004; PREEDY, 2008; WUNDERLICH; BACK, 2009).

3.3.3.4 Circulação/clarificação e lavagem

No processo de circulação ou clarificação, o mosto será filtrado a fim de se obter uma cerveja mais límpida e com menos impurezas, havendo separação do líquido (mosto) e partículas sólidas, evitando o arraste de sedimentos para fervura. Apesar de ser uma etapa mais demorada, é fundamental para a qualidade final do produto. Após a etapa de clarificação, quando o mosto já se encontra límpido, inicia-se o processo de lavagem, em que os açúcares residuais do malte são extraídos. Após a lavagem do malte, todo o mosto passará por um processo de fervura (PREEDY, 2008; WUNDERLICH; BACK, 2009).

3.3.3.5 Fervura

A fervura é o processo onde ocorre a caramelização de açúcares (reação de Maillard), esterilização e estabilização do mosto. Deve ser realizada de forma intensa e vigorosa, podendo se estender por até 2 horas ou mais. Os objetivos da fervura são causar a evaporação da água, de modo a concentrar o mosto, evaporação de substâncias indesejáveis, formação de cor e sabor desejáveis, garantir a agregação do amargor do lúpulo e de outras especiarias adicionadas ao mosto, aumento da cor e escurecimento da cerveja provocado pela caramelização de açúcares, inativação enzimática e precipitação de proteínas (amilases e proteases precipitam em flocos) (PREEDY, 2008; REBELLO, 2009; WUNDERLICH; BACK, 2009).

3.3.3.6 Resfriamento

O mosto é resfriado até a temperatura adequada ao tipo de fermentação desejada, para que a levedura específica possa ser adicionada ao mosto sem inativá-la (PREEDY, 2008; REBELLO, 2009; WUNDERLICH; BACK, 2009).

3.3.3.7 Fermentação

Nesta etapa os açúcares presentes no mosto são transformados em álcool e gás carbônico pela ação da levedura. Na busca de uma fermentação constante, é preciso alcançar certa consistência no processo, o que exige o controle de certas variáveis-chave, tais como as quantidades apropriadas de levedura, a entrada de oxigênio no sistema, o estado nutricional do mosto, a temperatura e tempo adequados e maximizar o contato entre as leveduras e os nutrientes (PREEDY, 2008; REBELLO, 2009; WUNDERLICH; BACK, 2009; BOKULICH; BAMFORTH, 2013).

A fermentação pode ser dividida em dois sistemas – fermentação do tipo *top* ou *bottom*. Na fermentação do tipo *top*, as leveduras ascendem à superfície do mosto, formando uma espécie de nata. A fermentação é conduzida a temperaturas mais elevadas (em torno de 65°C a 75°C), portanto a duração é mais curta e tende a produzir mais ésteres. As cervejas resultantes deste tipo de fermentação tendem a possuir sabor mais forte e mais robusto no paladar (JELINEK, 1946; BOKULICH; BAMFORTH, 2013).

Na fermentação do tipo *bottom*, as leveduras concentram-se ao fundo do tanque de fermentação, independente das demais condições do processo fermentativo. A temperatura do processo é mais baixa (50°C a 55°C), logo a fermentação é mais demorada e resulta em uma agradável sensação de acidez e em um produto de coloração mais clara, suave e sutil tanto no sabor quanto no aroma. A diferença entre as temperaturas e o tempo de fermentação influencia no sabor das cervejas elaboradas pelos dois métodos (JELINEK, 1946; BOKULICH; BAMFORTH, 2013).

Embora exista uma diferença no comportamento entre os dois tipos de levedura, claramente manifestada durante a fermentação, não existem diferenças morfológicas marcantes entre ambas (BAMFORTH, 2013).

Não se deve interromper a fermentação até que seja constatada uma diminuição significativa na produção e liberação de gás. O controle de temperatura é essencial para a fermentação da cerveja. Quanto maior a temperatura, mais rápido é o processo, mas em contrapartida são produzidos níveis excessivos de diacetilo, podendo gerar sabores

desagradáveis na cerveja. Temperaturas muito baixas também podem comprometer os ciclos da fermentação, acondicionamento e maturação (PREEDY, 2008; REBELLO, 2009; WUNDERLICH; BACK, 2009).

Ao final da fermentação, as leveduras são recuperadas, seja para descarte – utilizadas para alimentação animal ou na produção de extratos de levedura – ou para reinoculação em um próximo processo de fermentação (PREEDY, 2008; REBELLO, 2009; WUNDERLICH; BACK, 2009).

3.3.3.8 Maturação

A maturação consiste em armazenar a cerveja a baixas temperaturas para que atinja o seu equilíbrio. Ocorre a maturação de compostos que serão responsáveis por conferir mais aroma e sabor, havendo também uma redução na concentração de diacetilo, ácido sulfídrico, e deacetaldeído, subprodutos indesejáveis da fermentação. A cerveja pode, então, ser envasada em latas de alumínio, garrafas ou barris (PREEDY, 2008; REBELLO, 2009; WUNDERLICH; BACK, 2009).

As cervejas podem ainda passar por um processo de filtração e pasteurização antes do envase, a fim de garantir maior estabilidade e tempo de prateleira ao produto. Entretanto, esses processos tendem a diminuir as características organolépticas da cerveja (PREEDY, 2008; REBELLO, 2009; WUNDERLICH; BACK, 2009).

3.4 A cerveja como parte da dieta

A cerveja vem sendo consumida há milhares de anos, apresentando diferenças significativas no que se refere à sua importância e aceitabilidade entre culturas (DARBY, 1979; FEASEY, 2007; BAMFORTH, 2008).

Após o desenvolvimento dos processos que deram origem à cerveja, esta bebida passou a ser bastante apreciada por diferentes povos e tinha função de refeição principal e menos de acompanhamento – forma como é mais consumida hoje. O consumo da cerveja chegava a um litro por dia, com concentração alcoólica de 2%. Sua ingestão se dava com o auxílio de canudos e podia-se fazer uma diferenciação de classes quanto a este fator – as classes sociais mais privilegiadas faziam uso de canudos de prata ou ouro e a população em geral usava canudos de argila. Toda a família tinha o costume de consumir cerveja, incluindo as crianças – que consumiam o equivalente a $\frac{1}{4}$ do litro por dia –, podendo ser ingerida

durante qualquer refeição. O consumo cresceu tanto que cerca de 40% da produção de grãos no oriente se destinava somente à produção de cerveja (DARBY, 1979; BAMFORTH, 2008).

Para as civilizações mais antigas, quando ainda não existiam sistemas de tratamento e de purificação da água, o consumo de cerveja poderia ser até mais seguro, pois a cerveja passa por processo de fervura, eliminando microrganismos patogênicos. Além disso, a população apreciava o seu sabor, sendo um atrativo maior para o consumo (DARBY, 1979; BAMFORTH, 2008).

No âmbito social, a cerveja é um instrumento utilizado para interação, de modo a integrar grupos, auxiliando na construção de relações interpessoais. O fato de compartilhar uma bebida e fazer brindes é capaz de gerar uma situação de maior proximidade, relaxamento e descontração, o que já era constatado entre populações mais antigas (DARBY, 1979; BAMFORTH, 2008).

A cerveja não é uma bebida indicativa de *status* social, sendo, em geral, bastante acessível e consumida nas mais diversas ocasiões. Praticamente todos os eventos que tenham algum significado na vida das pessoas envolvem uma cerimônia e comemoração. Na maioria dos países, o planejamento de eventos sociais envolve a ingestão das bebidas de maior preferência, com o consumo de cerveja sendo bastante expressivo. Muitas bebidas são reconhecidas exclusivamente como “femininas” ou “masculinas”, mas a cerveja é bastante popular em ambos os gêneros, por todas as classes sociais e diferentes faixas de idade, devido à variedade de cervejas presentes no mercado, atendendo a todos os gostos. A cerveja é tradicionalmente aceita em nossa sociedade, tendo se tornado em um elemento natural no cotidiano das pessoas, formando vínculos sociais (CAMPBELL, 1991; WILSON, 2005).

Na década de 1970, o valor nutritivo da cerveja passou a ser enfatizado. Uma cerveja considerada fraca, com teor alcoólico de 3%, provia 200 calorias e demonstrava ser um alimento completo, sendo fonte de água, carboidratos, fibras, proteínas e de muitos nutrientes essenciais e antioxidantes. Os estudos científicos envolvendo a composição da cerveja e seu processo de fabricação foram se desenvolvendo, enfatizando todos os benefícios que poderiam ser proporcionados a quem a consumia (DARBY, 1979; BAMFORTH, 2008).

A satisfação de ter parte das exigências nutricionais diárias adquiridas de uma forma tão prazerosa para boa parte da população aumentou as atenções voltadas para a cerveja (DARBY, 1979; BAMFORTH, 2008).

As características sensoriais da cerveja no Brasil se alteraram gradativamente, resultando em um produto mais refrescante, leve, menos amargo e com menor teor alcoólico.

O padrão de consumo e os tipos de cervejas variam de acordo com as regiões do país e dependem, também, da renda local (REBELLO, 2009; MEGA, 2011).

3.5 Impactos do alcoolismo na saúde óssea

O álcool é a droga recreativa mais usada em todo o mundo, tendo o seu consumo uma história longa e controversa. Embora a cerveja tenha valor nutricional e possa trazer benefícios a quem consome, a segurança deve vir em primeiro lugar. Nossa sociedade envia muitas mensagens contraditórias sobre as bebidas alcoólicas. De um lado, a bebida é romantizada, glamourizada e atingir a maioridade surge como um sinônimo e uma obrigação a iniciar o consumo de bebidas alcoólicas. De outro lado, crianças e adolescentes são orientados a não beber, mas as imagens e mensagens apresentadas na mídia sugerem que beber é divertido, popular e frequentemente relacionado à juventude, beleza, bem-estar e sucesso pessoal. Quando se tornam adultos, o consumo de álcool ainda é incentivado através de anúncios, eventos e pessoas que fazem das bebidas a atração principal. Beber, e até se embriagar, é tido como socialmente aceitável, surge como rito de passagem para jovens adultos e motivo de diversão entre grupos de amigos. Beber passa a ser um costume e o problema são as consequências deste consumo que, ao invés de trazer o bem-estar e sucesso sugeridos pela publicidade, pode provocar inúmeras complicações de saúde (MOOS; FINNEY; CRONKITE, 1990).

Existem amplas evidências de que a ingestão de qualquer bebida alcoólica em demasia é prejudicial e pode resultar em invalidez, diminuindo a qualidade e expectativa de vida. Além disso, o consumo excessivo de álcool pode ser fatal. Alguns efeitos nocivos do álcool podem tornar-se evidentes somente anos após o consumo. O alcoolismo aumenta o risco de aparecimento de muitas patologias, assim como pode exacerbar condições patológicas já existentes (ROUECHE, 1962; MOOS; FINNEY; CRONKITE, 1990; BAMFORTH, 2008).

A resposta do organismo ao álcool depende de fatores como o peso corpóreo, estado de saúde, idade, gênero, dieta e se é consumido com ou sem alimentos (ROUECHE, 1962; BAMFORTH, 2008).

O álcool figura como uma droga de abuso, podendo levar ao vício, com dependência física e psíquica. O vício consiste no consumo compulsivo e descontrolado da bebida e a abstinência gera o aparecimento de sintomas específicos que refletem a necessidade de se iniciar um tratamento. O abuso do álcool pode ser resultado de uma variedade de fatores

personais, de pressões e normas sociais que, em conjunto, predispõem à ingestão excessiva de bebidas alcoólicas. Os episódios de consumo exagerado são, muitas vezes, desencadeados por acontecimentos na vida do indivíduo (ROUECHE, 1962; BAMFORTH, 2008).

O conceito de que o alcoolismo constitui uma doença foi proposto na década de 1930. Este conceito foi questionado, levando a debates de que, na verdade, tratava-se de uma desordem comportamental. Várias pesquisas foram conduzidas e direcionadas a observar os efeitos do consumo exacerbado do álcool e as possíveis consequências geradas por este ato, fossem elas fisiológicas ou psicológicas. Compreender os potenciais efeitos prejudiciais do consumo de álcool é um aspecto importante para prevenir os danos associados ao uso dessa substância (JELLINEK, 1960; MANN, 1981; BAMFORTH, 2008).

O consumo de álcool afeta direta e indiretamente o metabolismo ósseo e, dependendo do padrão do consumo, afeta o desenvolvimento do osso e a manutenção da saúde óssea em todas as idades, podendo resultar em fragilidade óssea. O consumo exacerbado de álcool é um fator de risco reconhecido para o desenvolvimento da osteoporose (SAMPSON, 1997; WEZEMAN et al., 1999).

O álcool em excesso aumenta os níveis do paratormônio, responsável por equilibrar os níveis de cálcio e fósforo na circulação sanguínea, além de afetar o fígado, órgão importante na ativação da vitamina D, que por sua vez é necessária para a absorção de cálcio. Indivíduos que ingerem muito álcool normalmente têm baixos níveis de vitamina D e das proteínas que se ligam à vitamina D, protegendo-a durante o transporte na circulação sanguínea até os tecidos. O alcoolismo vem atrelado a uma série de deficiências nutricionais, possíveis usos de medicamentos e outras patologias, piorando o estado de saúde do alcoólatra. Estudos bem controlados realizados em animais jovens e adultos saudáveis e bem nutridos demonstraram que a ação única do álcool é capaz de causar osteoporose (BIKLE et al., 1993; HOGAN et al., 1997; KLEIN, 1997; SAMPSON, 1997; WEZEMAN et al., 1999; HOGAN et al., 2001).

O alcoolismo nos homens está associado a uma diminuição nos níveis de testosterona. O alcoolismo também altera os níveis do estrogênio nas mulheres, causando distúrbios no ciclo menstrual e distúrbios reprodutivos – ciclos menstruais irregulares, cessação da menstruação, ausência de ovulação e infertilidade. O abuso do álcool também tem sido associado com a menopausa precoce (RYBACK, 1977; MELLO; MENDELSON; TEOH, 1993; KANIS, 2002; WEZEMAN et al., 1999).

O álcool, portanto, interfere na formação do osso por diminuir o número de osteoblastos e afetar sua função, assim como a produção da osteocalcina, além de diminuir as reservas de cálcio. Existem indícios de que o álcool também interfere no processo de reabsorção óssea, acelerando-a (CHAKKALAKAL, 2005).

A ingestão de bebidas alcoólicas é prejudicial para indivíduos osteoporóticos ou que estão predispostos a desenvolver a doença. Existe ainda o aumento no risco de quedas e de fraturas, pois o álcool causa alterações no sistema nervoso, alterando o estado de equilíbrio (KLEIN, 1997; SAMPSON, 1997; WEZEMAN et al, 1999; CHAKKALAKAL, 2005).

Como seres sociais, é importante sempre consumir bebidas alcoólicas com muita responsabilidade e incentivar os demais a também consumirem de forma consciente, de modo a reduzir ingestões imprudentes e indevidas (MOOS; FINNEY; CRONKITE, 1990).

3.6 Consumo moderado e biodisponibilidade de silício na cerveja

As evidências de que o consumo moderado de cerveja tem um impacto em prevenir certas doenças têm crescido. Portanto, é importante esclarecer os diferentes padrões de consumo de bebidas alcoólicas, levando em consideração aspectos médicos e psicossociais do uso de álcool (MIDANIK; ROOM, 1992; BAMFORTH, 2008).

O consumo moderado de bebidas alcoólicas é um conceito difícil de ser estabelecido porque diferentes indivíduos possuem diferentes noções do quanto seria este consumo, dependendo dos seus hábitos, contexto social e tradições. Muitos utilizam o termo “beber socialmente” como equivalente a beber de forma moderada, mas o comportamento referente a esse consumo é bastante impreciso e abrangente, pois deve levar em conta as diferentes situações (DUFOUR, 1999).

Existem diferenças em relação à quantidade de álcool que um indivíduo pode consumir sem resultar em intoxicação, que depende de fatores como a frequência de consumo e tolerância ao álcool, vulnerabilidade genética, metabolismo do álcool e a rapidez em que ocorre a ingestão. A determinação de um consumo benéfico – ou pelo menos não-maléfico – é bastante complexa, devido a experimentos realizados com diferentes metodologias científicas acerca do consumo de álcool pela população e conceitos e mensurações divergentes entre organizações e países (MIDANIK; ROOM, 1992; DUFOUR, 1999; BAMFORTH, 2008).

Beber moderadamente corresponderia a um consumo que não está associado ao aparecimento dos efeitos maléficos do álcool, sendo considerado um nível seguro (DUFOUR, 1999).

Para esclarecer este tipo de consumo, o Instituto Nacional de Abuso de Álcool e Alcoolismo dos Estados Unidos estabeleceu, em 1974, noções sobre hábitos de consumo de bebidas alcoólicas e a OMS adota referências do que seria beber de forma segura – uma dose diária para mulheres (sete unidades de álcool semanais) e duas doses diárias para homens (quatorze unidades de álcool semanais). Uma dose de cerveja com teor alcoólico de 5% equivale a um volume de 350 mL (DUFOUR, 1999; BAMFORTH, 2008).

A cerveja é uma das mais ricas fontes de silício na dieta e as diferentes concentrações do mineral foram avaliadas nos diversos tipos dessa bebida por vários autores, buscando estabelecer uma relação entre o teor de silício, o tipo de cerveja e a maneira pela qual é produzida. Todos os estudos obtiveram resultados semelhantes (PRICE; KOVAL; LANGFORD, 2013).

Pennington (1991) analisou as concentrações de silício em 100 cervejas dos Estados Unidos. Concluiu que a fermentação do tipo *top* resultava em maiores níveis do mineral, assim como a quantidade de malte de cevada utilizada e as durações dos processos de fabricação. Observou que cervejas em latas possuíam níveis mais baixos de silício quando comparadas a cervejas envasadas em garrafas de vidro, sugerindo que poderia haver a dissolução de silício do vidro para o líquido.

Outro estudo desenvolvido por Walker (2003) avaliou 60 cervejas produzidas em diversos países e obtiveram média de 18,7 mg/L de silício, variando de 10 a 40 mg/L. Novamente, essas diferenças de concentrações estavam relacionadas aos diferentes tipos de cerveja e com as concentrações das matérias-primas utilizadas, principalmente da cevada e do lúpulo. Quanto mais destes ingredientes fossem adicionados, maiores as concentrações finais de silício na bebida.

Mojsiewicz-Pieńkowski e Łukasiak (2003) também observaram diferenças nos níveis de silício em 19 cervejas polonesas. Dependendo das quantidades de malte de cevada e lúpulo que fossem adicionados no processo de fabricação, o teor final de silício poderia ser maior ou menor. O autor salientou que o processo de filtração pode interferir nos níveis de silício, pois a utilização de compostos de silício inorgânico nos filtros impede a perda do mineral na cerveja. As cervejas sem álcool analisadas demonstraram ter valores mais baixos de silício pela presença de outros cereais não tão ricos em silício utilizados em maiores quantidades, como o milho. Em relação à quantidade de lúpulo utilizada na fabricação das cervejas, o autor observou que as cervejas continham aproximadamente 10% do silício presente inicialmente nas flores desta planta.

Robberecht et al. (2009) avaliaram 14 cervejas belgas. Do total, 11 marcas de cervejas apresentaram concentrações de silício entre 32,1 a 39,7 mg/L e 3 marcas apresentaram variações de 14,3 a 20 mg/L. Observaram que cervejas da mesma marca envasadas em latas tinham concentrações significativamente mais baixas de silício quando comparadas às cervejas armazenadas em garrafas de vidro.

Casey e Bamforth (2010) avaliaram os níveis silício em 100 marcas de cervejas produzidas nos Estados Unidos para verificar se a seleção de grãos e o processo de fabricação influenciam nos níveis finais de silício. A média das concentrações de silício nas cervejas foi de 29,4 mg/L, variando de 16,3 a 41,2 mg/L. Os níveis mais altos de silício encontrados em algumas marcas (27,3 a 41,2 mg/L) se devem às maiores proporções de cevada e lúpulo que são utilizados durante o processo. Em contrapartida, as cervejas que levam bastante trigo na sua composição contêm menos silício (18,9 mg/L) porque o trigo possui menores concentrações deste mineral. As cervejas *lights* (17,2 mg/L), que tem teor de álcool reduzido e são menos calóricas que as tradicionais, e as sem álcool (16,3 mg/L) possuem níveis de silício muito menores, provavelmente devido ao uso do milho como matéria-prima. As cervejas não alcoólicas e as *lights* também tem uma baixa gravidade específica, uma explicação para as menores concentrações do mineral.

Dentre os fatores que influenciam nos níveis de silício durante a fabricação da cerveja está a extração de silício da cevada e do lúpulo, que aumenta de acordo com a gravidade específica do mosto. A gravidade específica deve ser levada em conta, sendo uma medida utilizada para avaliar a quantidade de açúcares, dextrinas, proteínas e outras substâncias no mosto e na cerveja. Uma gravidade específica mais baixa significa que uma quantidade menor de matérias-primas foi utilizada e, portanto, possuirá um teor de silício inferior a cervejas com gravidade específica maior (ANDERSON, 1995; GIAMMARIOLI; MOSCA; SANZINI, 2005; WALKER et al., 2009; CASEY; BAMFORTH, 2010).

Casey e Bamforth (2010) relataram que na produção de cervejas escuras, em que os grãos de cevada são torrados, o teor de silício nestes grãos será bastante reduzido, pois há perda do mineral durante o processo de torrefação dos grãos. Levando em conta que os Estados Unidos recomendam uma ingestão de 25 a 35 mg do mineral para a saúde óssea, algumas cervejas garantem uma concentração maior que 40 mg em 1 litro. As amostras de lúpulo avaliadas possuíam concentrações muito altas de silício, sendo até 4 vezes maiores que os valores encontrados no malte. Contudo, o lúpulo é utilizado em pouca quantidade na

produção, quando comparado ao malte. Cervejas que contêm mais lúpulo devem conter um maior nível de silício.

Apesar de a água utilizada no processo de produção da cerveja contribuir para as concentrações finais de silício, as maiores concentrações deste mineral vêm da cevada e do lúpulo, extraídas principalmente durante o processo de maltagem e de moagem. O processo de filtração pode reduzir os níveis de silício na cerveja, pois o silício pode sofrer adsorção nas esteiras de filtração. No caso de se utilizar filtros que contêm silício, as perdas do mineral tornam-se muito menores. Todos estes fatores – a água utilizada, a duração de cada etapa da fabricação, o tipo de esteiras filtrantes e as características da cerveja – causam um impacto no teor de silício nas cervejas comerciais, explicando toda a variedade de concentrações que podem ser encontradas. É possível visualizar o quanto cada etapa da produção influencia nos valores do silício quando amostras são retiradas antes e depois de cada fase e são analisadas (PREEDY, 2008).

Cejnar, Mestek e Dostalek (2013) determinaram os níveis de silício em 40 cervejas disponíveis no mercado checo, e a maioria das marcas analisadas eram produzidas no próprio país, sendo apenas 3 importadas. Além disso, observaram como o processo de fabricação influenciava na concentração final de silício e como essas concentrações variavam ao decorrer do processo. As concentrações de silício variaram de 16 mg/L a 113 mg/L e estes diferentes níveis dependeram das matérias-primas selecionadas, das quantidades utilizadas e do processo de fabricação.

As cervejas produzidas exclusivamente com malte de cevada obtiveram níveis muito maiores de silício que as cervejas que também possuíam outros grãos, como o trigo, milho e arroz porque a cevada é uma fonte muito maior de silício, o que explica as menores concentrações do mineral em cervejas que possuem maiores proporções de outros cereais. Analisando as variedades de cevada, dependendo da região e das condições locais de plantio, os grãos de cevada possuíam diferentes níveis do mineral. As variedades do grão mostravam ter mais influência que as próprias condições de cultura (CEJNAR; MESTEK; DOSTALEK, 2013).

Cervejas com maiores concentrações de lúpulo também possuíam mais silício, mas não impactavam tanto nos níveis finais de forma significativa como o uso da cevada. O conteúdo de silício na água também influencia os níveis finais do mineral. Em relação à tecnologia de fermentação, a etapa da maltagem era a responsável por incorporar o silício na bebida. Após a fervura, as concentrações de silício eram ainda maiores devido à evaporação

da água. As fermentações do tipo *top* e *bottom* não demonstraram diferenças significativas nos níveis de silício entre si. Após a filtração da cerveja, observaram que havia perda do mineral, o que ocorre provavelmente devido a ligações entre o silício e partículas que se precipitam que, em seguida, eram separadas e removidas do mosto (CEJNAR; MESTEK; DOSTALEK, 2013).

Schoelynck et al. (2013) analisaram 119 cervejas belgas, investigando a variação dos níveis de silício entre vários tipos de cerveja e a partir dos ingredientes utilizados. Observaram que cervejas produzidas pelo método de fermentação *top* possuíam maiores quantidades de silício dissolvido. As concentrações do mineral variaram de 20,5 a 198 mg/L. As menores concentrações foram obtidas em cervejas sem álcool e escuras. As concentrações variaram de acordo com a concentração de matérias-primas, com a duração das etapas de fabricação e com o tipo de fermentação. Encontraram que cervejas envasadas em latas tinham um nível de silício levemente maior que as envasadas em garrafas de vidro, invalidando a sugestão de que haveria dissolução de silício do vidro. Entretanto, os autores não souberam dar explicações para esta diferença, devendo ser resultante do processo e ingredientes.

Krausová et al. (2014) avaliaram várias cervejas. A concentração de silício variou de 13,7 a 44,2 mg/L e essa variação dependeu da quantidade de ingredientes utilizados, assim como do processo de fabricação. A concentração de silício em cervejas da mesma marca envasadas em latas e garrafas de vidro não mostrou variações significativas. As maiores concentrações de silício estavam no lúpulo, seguida do malte. Contudo, a proporção de malte utilizada na fabricação é muito maior que a do lúpulo, logo o primeiro ingrediente contribui muito mais nos níveis de silício total da cerveja. A quantidade de silício no malte varia de acordo com a espécie utilizada. O malte continha 95% dos níveis totais de silício nas matérias-primas, mas apenas cerca de 30% era passada para o mosto. O lúpulo introduziu aproximadamente 14% do seu conteúdo de silício durante a etapa de fervura, porém a quantidade de silício que é removida ao longo do processo é maior que a quantidade introduzida pelo lúpulo.

Krausová et al. (2014) concluíram que a concentração de silício aumentava significativamente após a etapa de moagem e diminui depois da fermentação. A contribuição da água utilizada nos níveis de silício foi muito menor que a do malte, mas não foi insignificante. Se a água for rica em silício, maiores concentrações do mineral estarão presentes no produto final. A perda de silício foi provavelmente causada por sua eventual

adsorção a partículas sólidas que foram subsequentemente removidas da cerveja no processo de filtração.

Um crescente corpo de evidências sugere que o consumo da cerveja pode ser associado com a saúde óssea, porém é ressaltado que os efeitos benéficos relatados sobre a cerveja se aplicam apenas para o consumo moderado em adultos. Nas situações de consumo leve a moderado há um efeito positivo sobre os ossos, fortificando-os e, inclusive, reduzindo o risco de estabelecimento da osteoporose e desenvolvimento de fraturas (ROUECHE, 1962; BAMFORTH, 2008).

3.7 Cerveja e densidade mineral óssea

Muitos estudos comprovam que o consumo excessivo e abusivo de álcool tem um impacto negativo sobre a saúde óssea, sendo associado com o desenvolvimento de osteoporose e de fraturas osteoporóticas. A grande maioria dos estudos foi desenvolvida analisando o consumo exacerbado e com indivíduos alcoólatras. Muitas vezes, indivíduos nesta condição encontram-se extremamente desnutridos e tem maior propensão a quedas (SAVILLE, 1965; HOLBROOK; BARRETT-CONNOR, 1993; JUGDAOHSINGH et al., 2006).

Apesar de o álcool, quando consumido em grandes quantidades, ser tóxico para o osso e causar desequilíbrios no metabolismo ósseo, diversas pesquisas vêm demonstrando que o consumo moderado está associado a um aumento na densidade óssea em adultos – homens e mulheres na pré e pós-menopausa (SAVILLE, 1965; HOLBROOK; BARRETT-CONNOR, 1993; PRICE; KOVAL; LANGFORD, 2013).

Sripanyakorn et al. (2009) observaram que as concentrações séricas de silício apresentavam um pico dentro de duas horas após a ingestão da cerveja, sugerindo que uma fração substancial do silício presente na bebida é absorvida eficazmente.

Holbrook e Barrett-Connor (1993) realizaram um estudo observacional e analisaram os efeitos do consumo de bebidas alcoólicas, incluindo a cerveja, e os efeitos na densidade mineral óssea em uma determinada população. Os participantes incluíam 182 homens e 267 mulheres com idade de 45 anos. Os dados obtidos incluíram o uso de medicamentos, terapia de reposição hormonal, tabagismo, altura, peso, índice de massa corporal, sedentarismo e o consumo de bebidas alcoólicas para controle de variáveis. Com um aumento no consumo de álcool em apenas 24 horas, os níveis séricos do mineral já se mostravam elevados e os autores se mostraram confiantes quanto à utilização do silício pelos diferentes órgãos, inclusive o

osso. Elevando o consumo de álcool destes participantes, de forma moderada, durante uma semana, a densidade mineral óssea (ajustada para a idade, índice de massa corporal, tabagismo, sedentarismo e terapia de reposição hormonal em mulheres) aumentou no colo do fêmur nos homens e na coluna vertebral das mulheres. Outras regiões foram analisadas, como os pulsos, falanges e tíbia, e também demonstraram aumento da massa óssea, porém não de forma significativa como nos dois sítios descritos.

McNaughton et al. (2005) realizaram um estudo intervencionista durante 2 anos com 209 mulheres saudáveis, com média de idade de 68 anos. As mulheres foram divididas em grupos de acordo com a variação no padrão de consumo alimentar e as calorias consumidas foram controladas e estimadas pelos pesquisadores através de questionários alimentares. Durante o período da pesquisa, o consumo médio de silício através da dieta pouco variou entre as participantes. Dentre os alimentos que mais forneceram silício estão os cereais, como pães e arroz (correspondendo a 60%), e as bebidas, com 20%. Em relação a contribuição das bebidas, os pesquisadores observaram que o consumo da cerveja contribuiu com um aumento dos níveis de silício pela presença do ácido ortosilícico, a forma predominantemente biodisponível do mineral. Após o consumo de cerveja, a média das concentrações séricas aumentaram em até 24%. Apesar de o aumento não ter sido considerado significativo, ainda é importante, pois pode contribuir para um aumento na densidade óssea.

Sripanyakorn et al. (2009) realizaram um estudo intervencionista com homens e mulheres jovens, com idades variando de 22 a 36 anos e com peso, altura e índice de massa corporal nas mesmas faixas. Os níveis séricos de silício dos participantes foram medidos ao longo de 6 horas após a ingestão de uma cerveja sem álcool contendo 22,9 mg de silício. Observaram que a absorção de ácido ortosilícico de cervejas sem álcool chegava a 64% do total contido na bebida duas horas após a ingestão, uma quantidade estatisticamente significativa. Após as 6 horas de ingestão, os níveis séricos do mineral diminuíram, indicando captação pelos diferentes órgãos e tecidos. O restante do silício não absorvido pelo organismo foi excretado na urina. Através destes resultados, os pesquisadores sugeriram que um consumo moderado de cerveja não alcoólica seria capaz de aumentar a densidade óssea por fornecer concentrações consideráveis de um mineral essencial para a saúde do osso.

Através de um estudo observacional, Pedrera-Zamorano et al. (2009) estudaram os efeitos do consumo de cerveja na massa óssea em um grupo de 1.697 mulheres saudáveis e com média de idade de 48 anos. Deste total, 710 estavam na pré-menopausa, 176 na perimenopausa e 811 na menopausa. Uma avaliação radiológica dos ossos excluiu qualquer

tipo de deformidade presente. As participantes não faziam uso de medicamentos, nem apresentavam doença, incluindo qualquer anormalidade no metabolismo ósseo. Os alimentos consumidos foram quantificados através de instrumentos de medidas (copos, latas, garrafas e colheres) durante todo o período do estudo, a fim de manter um controle sobre os nutrientes adquiridos através da alimentação das participantes. Em relação ao consumo de álcool, a classificação foi diferenciada em consumo moderado, consumo leve e o não-consumo, assim como o tipo de bebida alcoólica consumida – vinho ou cerveja. Ao todo, 793 mulheres consumiam cerveja, compreendendo 46,72% do total. Todas as mulheres foram submetidas a análises de densitometria óssea das falanges proximais da mão não-dominante (utiliza-se a mão não-dominante, pois a mão dominante tende a possuir uma maior densidade mineral), calculando a média de todas as medições. As principais conclusões da pesquisa demonstram que a idade mais avançada, o índice de massa corporal muito baixo e a menopausa estão associados a reduções significativas da massa óssea, em comparação a mulheres mais jovens. Quanto ao consumo de cerveja, os resultados demonstraram que as mulheres que ingeriram cerveja, principalmente com um consumo moderado, apresentavam uma maior densidade óssea quando comparadas as que não consumiam cerveja e as que consumiam vinho. Em relação às mulheres na menopausa, as que faziam terapia de reposição hormonal obtiveram ótimos resultados. O aumento da densidade óssea foi relacionado principalmente a presença do silício e de fitoestrogênios presentes na cerveja (WALTERS et al., 1999).

Jin et al. (2011) investigaram em um estudo observacional a associação do consumo de álcool com a resistência óssea em 7.713 adultos sul coreanos (3.368 homens e 4.345 mulheres) de 40 a 70 anos de idade. O consumo anual de *soju*, cerveja, *makkolli*, vinho e *whisky* foi avaliado. A resistência óssea foi medida seis vezes ao ano utilizando o método de ultrassonografia quantitativa do calcâneo, pois muitos adultos e idosos queixam-se de dores neste local. As informações quanto à dieta foram fornecidas através de diferentes meios de comunicação. O consumo de bebidas alcoólicas foi avaliado, calculando aproximadamente a média de álcool, fitoestrogênios, silício e outros componentes de acordo com o tipo e a quantidade de bebida ingerida. Variáveis como o tabagismo, prática de exercícios físicos e condições clínicas foram ajustadas. Os autores buscavam avaliar os efeitos do consumo de bebidas alcoólicas sobre o osso e se seriam diferentes dos resultados encontrados em pesquisas realizadas nos países ocidentais, pois asiáticos possuem índices de massa corporal bem menores que caucasianos pela menor estatura e baixa ingestão de cálcio. A redução da massa óssea anual para as mulheres foi cerca de 2,7 vezes maior que nos homens. Quanto à

frequência de consumo de bebidas alcoólicas e o tipo de bebida, foi verificado que o consumo moderado de soju e cerveja resultavam em menor probabilidade de redução de massa óssea tanto em homens quanto em mulheres, proporcionando, inclusive, um aumento de densidade óssea, visto através da radiografia óssea do calcanhar.

O *soju* é a bebida alcoólica mais popular na Coréia do Sul por sua fácil obtenção e preço relativamente baixo e é tradicionalmente produzido com cevada e trigo. O fato de o *soju* e a cerveja contribuírem para o aumento da densidade óssea foi atribuído ao fato de possuírem grãos com altos níveis de silício e aos níveis de etanol, que pode ter efeito protetor no osso quando não consumido demasiadamente (JIN et al., 2011).

McLernon et al. (2012) buscaram examinar em um estudo observacional com duração de 2 anos a associação entre o estilo de vida de mulheres na menopausa, incluindo o consumo de álcool (cerveja, vinho e licor), e a densidade mineral óssea. Ao todo, foram 3.218 mulheres de 50 a 62 anos. Fatores como prática de exercícios físicos, dieta e tabagismo foram levados em conta. O colo do fêmur e a coluna lombar foram analisados, pois fraturas nestes locais, na região do quadril e da coluna, respectivamente, são frequentes em pacientes em idade mais avançada e têm relação com a osteoporose. Quando houve análise entre as mulheres que ingeriam cerveja, vinho, licor e as que não ingeriam bebidas alcoólicas, as que consumiam cerveja moderadamente foram as únicas a apresentarem um efeito positivo no osso. Os pesquisadores concluíram que o consumo moderado de cerveja aumentava a densidade óssea nas regiões analisadas – em maior ou menor grau – independente do estilo de vida das mulheres na menopausa.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Delineamento e local da pesquisa

Uma revisão bibliográfica foi utilizada para o desenvolvimento desta pesquisa, com a finalidade de investigar a importância do silício para a saúde do osso, a relação entre o silício e os demais componentes da matriz óssea e as principais fontes de consumo deste mineral.

Tendo a cerveja figurado como uma fonte rica de silício e por esta bebida estar inserida em um contexto sociocultural em todo o mundo, procurou-se avaliar os impactos do consumo de cerveja na densidade mineral óssea.

Neste estudo serão utilizados dados provenientes de levantamento bibliográfico, como revistas científicas, artigos, periódicos, meio eletrônico, livros didáticos de publicação nacional e internacional, sendo utilizadas publicações até o ano de 2015.

4.2 Critérios de inclusão e exclusão

Devido ao número reduzido de artigos publicados sobre este assunto não serão utilizados critérios de exclusão.

4.3 Descrição das variáveis

Foi realizada busca eletrônica pelo MEDLINE, SciELO, Periódicos CAPES. Como descritores/palavras-chaves serão utilizados: silício/silicon, ácido ortosilícico/orthosilicic acid, cerveja/beer, densidade óssea/bone density, osteoporose/osteoporosis, biodisponibilidade/bioavailability.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os efeitos benéficos do consumo de cerveja na densidade mineral óssea podem ser atribuídos a vários fatores, como a presença e o teor do mineral silício – foco desta revisão –, mas também a outros componentes contidos na cerveja, como o próprio etanol – o mecanismo não é claro ainda, mas possuiria efeito direto na inibição da reabsorção óssea em baixas concentrações, provavelmente através da estimulação da produção de estrogênio, o que pode explicar o porquê de os resultados mostrados anteriormente terem sido melhores em mulheres na pós-menopausa em terapia de reposição hormonal – e pela presença de fitoestrogênios provenientes do lúpulo (GAVALER, 1998; PEDRERA-ZAMORANO et al., 2009; TUCKER, 2009).

O lúpulo contém o fitoestrogênio 8-prenilnaringenina (8-PN), que se liga fortemente aos receptores de estrogênio, imitando os efeitos deste hormônio. O lúpulo também contém o flavonóide isoxantohumol, que pode ser convertido em 8-PN nos intestinos. O 8-PN é um fitoestrogênio potente, mas poucas pesquisas revelam que a concentração nas cervejas varia de níveis indetectáveis até muito baixos, com um estudo determinando 20 µg/L como a maior concentração. A presença de 8-PN na cerveja merece averigações mais aprofundadas, pois as evidências atuais ainda são escassas (PEDRERA-ZAMORANO et al., 2009).

Outros fitoestrogênios provenientes do lúpulo – a daidzeína e de genisteína – também têm apresentado efeito protetor sobre o osso (PEDRERA-ZAMORANO et al., 2009).

Outro tópico interessante seria estudar as composições de cervejas *lights* e sem álcool e produzi-las com maiores teores de silício, uma vez que são menos calóricas e os consumidores não sofreriam dos efeitos inconvenientes do álcool. Deve-se ter em mente que o álcool é um diurético, portanto se ingerido em grandes quantidades, estimula a perda de minerais na urina (BUDAY; DENIS, 1974; BAMFORTH, 2008).

Quanto às pesquisas analisadas neste trabalho, o número de estudos intervencionistas bem controlados e randomizados com o intuito de averiguar as implicações causadas pelo consumo moderado de cerveja e as ações do silício sobre os ossos ainda são escassos. As principais vantagens dos estudos de intervenção sobre os estudos observacionais incluem o fato de este tipo de estudo ser uma das ferramentas mais poderosas para a obtenção de evidências e se poder estabelecer se uma dada intervenção – no caso o consumo moderado de cerveja – provoca a alteração do parâmetro estudado – o aumento de densidade óssea. Nenhuma das abordagens observacionais pode concluir isso. Estudos observacionais podem

apenas revelar associações ou correlações, mas não fornecem indícios definitivos se a associação é causal (MENEZES, 2001; FRANCO; PASSOS, 2005; SOUZA, 2009).

6 CONCLUSÃO

Desde a sua descoberta, a cerveja tem sido muito mais do que uma bebida, fazendo parte de um fenômeno mundial. A cerveja é um alimento rico em componentes fitoquímicos, antioxidantes, vitaminas, minerais e fibras. Os estudos sobre o perfil nutricional desta bebida resultaram em uma nova visão a respeito da riqueza de constituintes que devem ter papéis fisiológicos importantes, mas ainda desconhecidos, o que gera um novo olhar ao produto, garantindo mais pesquisas e desenvolvimento à cerveja.

A presença do mineral silício na cerveja – na forma de ácido ortosilícico, uma molécula prontamente absorvida pelo trato gastrointestinal e rapidamente captada pelas células – incitou o desenvolvimento de pesquisas que buscaram relacionar o consumo moderado de cerveja e seu impacto na densidade mineral óssea, uma vez que o silício configura como elemento importante ao osso e suas ações fisiológicas neste órgão estão comprovadas.

Os resultados dos estudos discutidos nesta revisão são positivos e demonstram certa consistência em homens e mulheres na pré e pós-menopausa. Desta forma, após as análises realizadas, poderia-se inferir que a cerveja pode ser incluída em uma dieta equilibrada e saudável, desde que consumida moderadamente. Entretanto, os estudos intervencionistas existentes ainda se encontram em pequeno número, de forma que outras pesquisas bem desenhadas e controladas devem continuar sendo desenvolvidas para obtenção de resultados mais fidedignos, de modo a estabelecer se realmente existe uma relação de causa (exposição) e efeito.

Ainda assim, uma maior atenção a este mineral pelos pesquisadores e profissionais de saúde pode conduzir a uma melhor compreensão do papel do silício no osso e a um melhor entendimento acerca de sua importância neste órgão.

Não se deve esquecer de que existe uma variedade de nutrientes fortemente associados à saúde óssea. As condições fisiológicas e nutricionais dos indivíduos devem ser sempre consideradas, principalmente em relação aos indivíduos osteoporóticos, devido a complexidade multifatorial da terapia para esta doença.

Por conseguinte, para a manutenção da saúde óssea, uma abordagem equilibrada entre nutrição – com boas escolhas alimentares e uma dieta equilibrada – e a prática de exercícios físicos é fundamental, contribuindo para o fortalecimento de músculos e ossos, resultando em uma densidade mineral óssea adequada e menor risco de fraturas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMADEI, S. U.; SILVEIRA, V. A. S.; PEREIRA, A. C.; CARVALHO, Y. R.; ROCHA, R. F. A influência da deficiência estrogênica no processo de remodelação e reparação óssea. **J Bras Patol méd lab**, v. 42, n. 1, p. 5-12, 2006.

ANDERSON, I. Origin and physiological role of beer silicon. In: **PROCEEDINGS OF CONGRESS-EUROPEAN BREWERY CONVENTION**. OXFORD UNIVERSITY PRESS, v. 25, n.1, p. 543-543, 1995.

ANDIA, D. C.; CERRI, P. S.; SPOLIDORIO, L. C. Tecido ósseo: aspectos morfológicos e histofisiológicos. **Revista de Odontologia da UNESP**, v. 35, n. 2, p. 191-98, 2006.

BAE, Y.; KIM, J.; CHOI, M.; CHUNG, Y.; KIM, M. Short-term administration of water-soluble silicon improves mineral density of the femur and tibia in ovariectomized rats. **Biological trace element research**, v. 124, n. 2, p. 157-163, 2008.

BAMFORTH, C. W. **Beer: health and nutrition**. John Wiley & Sons, 2008.

BAMFORTH, C. W. **Beer: tap into the art and science of brewing**. Oxford University Press, 2009.

BAMFORTH, C. W. Brewing and brewing research: past, present and future. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 80, n. 9, p. 1371-1378, 2000.

BEDANI, R.; ROSSI, E. A. O consumo de cálcio e a osteoporose. **Semina: Ciências Biológicas e da Saúde**, v. 26, n. 1, p. 3-14, 2005.

BELLIA, J. P.; BIRCHALL, J. D.; ROBERTS, N. B. Beer: a dietary source of silicon. **The Lancet**, v. 343, n. 8891, p. 235, 1994.

BERLYNE, G. M.; ADLER, A. J.; FERRAN, N.; BENNETT, S.; HOLT, J. Silicon metabolism - Some aspects of renal silicon handling in normal man. **Nephron**, v. 1, n. 43, p.5-9, 1986.

BIKLE, D. D.; STESIN, A; HALLORAN, B.; STEINBACH, L.; RECKER, R. Alcohol-Induced Bone Disease: Relationship to Age and Parathyroid Hormone Levels. **Alcoholism: Clinical and Experimental Research**, v. 17, n. 3, p. 690-695, 1993.

BLAIR, H. C.; KAHN, A. J.; CROUCH, E. C.; JEFFREY, J. J.; TEITELBAUM, S.L. Isolated osteoclasts resorb the organic and inorganic components of bone. **The Journal of cell biology**, v. 102, n. 4, p. 1164-1172, 1986.

BOKULICH, N. A.; BAMFORTH, C. W. The microbiology of malting and brewing. **Microbiology and Molecular Biology Reviews**, v. 77, n. 2, p. 157-172, 2013.

BOLSCHER, M.; NETELBOS, J. C.; BARTO, R.; VAN BUUREN, L. M.; VAN DER VIJGH, W. J. Estrogen regulation of intestinal calcium absorption in the intact and

ovariectomized adult rat. **Journal of Bone and Mineral Research**, v. 14, n. 7, p. 1197-1202, 1999.

BONJOUR, J.; CHEVALLEY, T.; FERRARI, S.; RIZZOLI, R. The importance and relevance of peak bone mass in the prevalence of osteoporosis. **Salud publica de Mexico**, v. 51, p. s5-s17, 2009.

BOSKEY, A. L. Bone composition: relationship to bone fragility and antiosteoporotic drug effects. **BoneKey reports**, v. 4, 2015.

BOWEN, H. J. M.; PEGGS, A. Determination of the silicon content of food. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 35, n. 11, p. 1225-1229, 1984.

BOYCE, B.; YAO, Z.; XING, L. Osteoclasts have multiple roles in bone in addition to bone resorption. **Critical Reviews™ in Eukaryotic Gene Expression**, v. 19, n. 3, 2009.

BRASIL. DECRETO Nº 2.314, DE 4 DE SETEMBRO DE 1997. Regulamenta a Lei nº 8.918, de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, Distrito Federal, 1997.

BRIGGS, D. E.; BROOKES, P. A.; STEVENS, R.; BOULTON, C. A. **Brewing: science and practice**. Elsevier, 2004.

BROADHURST, L. Silicon's Elemental Benefits. **Prolithic Sports**, v. 26, 1999.

BUDAY, A. Z.; DENIS, G. The diuretic effect of beer. **Brew Dig**, v. 49, n. 6, p. 56-8, 1974.

BURR, D. B. The contribution of the organic matrix to bone's material properties. **Bone**, v. 1, n. 31, p.8-11, 2002.

CAETANO-LOPES, J.; CANHAO, H.; FONSECA, J. E. Osteoblasts and bone formation. **Acta reumatológica portuguesa**, v. 32, n. 2, p. 103-110, 2006.

CALOMME, M. R.; COS, P.; D'HAESE, P. C. Absorption of silicon in healthy subjects. In: **METAL IONS IN BIOLOGY AND MEDICINE-INTERNATIONAL SYMPOSIUM**, v. 5, p. 228-232, 1998.

CAMPBELL, M. A. Public drinking places and society. **Society, culture and drinking patterns reexamined**. New Brunswick, NJ: Rutgers Center for Alcohol Studies, 1991.

CARLISLE, E. M. A relationship between silicon and calcium in bone formation. **Federation Proceedings**, v. 28, n. 2, p. 565, 1970a.

CARLISLE, E. M. Silicon: a possible factor in bone calcification. **Science**, v. 167, n. 3916, p. 279-280, 1970b.

CARLISLE, E. M. Silicon: a requirement in bone formation independent of vitamin D1. **Calcified tissue international**, v. 33, n. 1, p. 27-34, 1981.

CASEY, T. R.; BAMFORTH, C. W. Silicon in beer and brewing. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 90, n. 5, p. 784-788, 2010.

CEJNAR, R.; MESTEK, O.; DOSTALEK, P. Determination of silicon in Czech beer and its balance during the brewing process. **Czech J. Food Sci**, v. 31, p. 166-171, 2013.

CHAKKALAKAL, D. A. Alcohol-Induced Bone Loss and Deficient Bone Repair. **Alcoholism: clinical and experimental research**, v. 29, n. 12, p. 2077-2090, 2005.

CHARNOT, Y.; PERES, G. Change in the absorption and tissue metabolism of silicon in relation to age, sex and various endocrine glands. **Lyon médical**, v. 226, n. 13, p. 85, 1971.

CHRISTIANSEN, C. Osteoporosis: diagnosis and management today and tomorrow. **Bone**, v. 17, n. 5, p. S513-S516, 1995.

CLARKE, B. L.; KHOSLA, S. Physiology of bone loss. **Radiologic clinics of North America**, v. 48, n. 3, p. 483-495, 2010.

CUMMINGS, S. R.; NEVITT, M. C.; BROWNER, W. S.; STONE, K.; FOX, K. M.; ENSRUD, K. E.; CAULEY, J.; BLACK, D.; VOGT, T. M. Risk factors for hip fracture in white women. **New England journal of medicine**, v. 332, n. 12, p. 767-774, 1995.

D'AVILA, R. F.; LUVIELMO, M. M.; MENDONÇA, C. R. B.; JANTZEN, M. M. Adjuntos utilizados para produção de cerveja: características e aplicações. **Estudos Tecnológicos em Engenharia**, v. 8, n. 2, p. 60-68, 2012.

DARBY, W. J. The nutrient contributions of fermented beverages. **Fermented Food Beverages in Nutrition**, p. 61-79, 1979.

DEKKERS, S.; KRYSTEK, P.; PETERS, R. J.; LANKVELD, D. P.; BOKKERS, B. G.; van HOEVEN-ARENTZEN, P. H.; BOUWMEESTER, H.; OOMEN, A. G. Presence and risks of nanosilica in food products. **Nanotoxicology**, v. 5, n. 3, p. 393-405, 2011.

DUFOUR, M. C. What is moderate drinking? Defining "drinks" and drinking levels. **Alcohol Res Health**, v. 1, n. 23, p. 5-14, 1999.

EASTELL, R.; BOYLE, I. T.; COMPSTON J.; COOPER, C.; FOGELMAN, I.; FRANCIS, R. M.; HOSKING, D. J.; PURDIE, D. W.; RALSTON, S.; REEVE, J.; REID, D. M.; RUSSELL, R. G.; STEVENSON, J. C. Management of male osteoporosis: report of the UK Consensus Group. **Qjm**, v. 91, n. 2, p. 71-92, 1998.

EISINGER, J.; CLAIRET, D. Effects of silicon, fluoride, etidronate and magnesium on bone mineral density: a retrospective study. **Magnesium research: official organ of the International Society for the Development of Research on Magnesium**, v. 6, n. 3, p. 247-249, 1993.

EISMAN, J. A.; BOGOCH, E. R.; DELL, R.; HARRINGTON, J. T.; McKINNEY, R. E.; McLELLAN, A.; MITCHELL, P. J.; SILVERMAN, S.; SINGLETON, R.; SIRIS, E. Making the first fracture the last fracture: ASBMR task force report on secondary fracture prevention. **Journal of Bone and Mineral Research**, v. 27, n. 10, p. 2039-2046, 2012.

- FEASEY, P. A brief history of beer. **Food Australia**, v. 59, n. 5, p. 191, 2007.
- FERRETTI, N. M.; MOREIRA, A. B.; CARNEIRO, J.; PAULA, A. P. O papel da nutrição na prevenção e no tratamento da osteoporose. **Brasília méd**, v. 45, n. 4, p. 284-290, 2008.
- FRANCIS, R. M. The effects of testosterone on osteoporosis in men. **Clinical Endocrinology**, v. 50, n. 4, p. 411-414, 1999.
- FRANCO, L. G.; PASSOS, A. D. C. **Fundamentos de epidemiologia**. Manole, 2005.
- FREITAS, E. V., PY, L.; NERI, A. L., CANÇADO, F. A. X. C., GORZONI, M. L., DOLL, J. **Tratado de Geriatria e Gerontologia**. 3. ed., Rio de Janeiro: Grupo Editorial Nacional, 2011.
- GAVALER, J. S. Alcoholic beverages as a source of estrogens. **Alcohol Health Res World**, v. 3, n. 22, p. 220-227, 1998.
- GIAMMARIOLI, S.; MOSCA, M.; SANZINI, E. Silicon content of Italian mineral waters and its contribution to daily intake. **Journal of food science**, v. 70, n. 8, p. s509-s512, 2005.
- GITELMAN, H. J.; ALDERMAN, F. R.; PERRY, S. J. Silicon accumulation in dialysis patients. **American journal of kidney diseases**, v. 19, n. 2, p. 140-143, 1992.
- GRETTON, J. F. The History of Beer. **Journal of the Institute of Brewing**, v. 35, n. 4, p. 356-362, 1929.
- HEANEY, R. P. Pathophysiology of osteoporosis. **Endocrinology and metabolism clinics of North America**, v. 27, n. 2, p. 255-265, 1998.
- HOGAN, H. A.; ARGUETA, F.; MOE, L.; NGUYEN, L. P.; SAMPSON, H. W. Adult-Onset Alcohol Consumption Induces Osteopenia in Female Rats. **Alcoholism: Clinical and Experimental Research**, v. 25, n. 5, p. 746-754, 2001.
- HOGAN, H. A.; SAMPSON, H. W.; CASHIER, E.; LEDOUX, N. Alcohol consumption by young actively growing rats: a study of cortical bone histomorphometry and mechanical properties. **Alcoholism: Clinical and Experimental Research**, v. 21, n. 5, p. 809-816, 1997.
- HOLBROOK, T. L.; BARRETT-CONNOR, E. A prospective study of alcohol consumption and bone mineral density. **Bmj**, v. 306, n. 6891, p. 1506-1509, 1993.
- HOTT, M.; POLLAK, C.; MODROWSKI, D.; MARIE, P. J. Short-term effects of organic silicon on trabecular bone in mature ovariectomized rats. **Calcified tissue international**, v. 53, n. 3, p. 174-179, 1993.
- JACKSON, J. A.; KLEEREKOPER, M. Osteoporosis in men: diagnosis, pathophysiology, and prevention. **Medicine**, v. 69, n. 3, p. 137-152, 1990.
- JELINEK, B. Top and bottom fermentation systems and their respective beer characteristics. **Journal of the Institute of Brewing**, v. 52, n. 4, p. 174-181, 1946.

JELLINEK, E. M. The disease concept of alcoholism. **New Haven**, v. 343, p. 63, 1960.

JIN, L. H.; CHANG, S. J.; KOH, S. B.; KIM, K. S.; LEE, T. Y.; RYU, S. Y.; SONG, J. S.; PARK, J. K. Association between alcohol consumption and bone strength in Korean adults: the Korean Genomic Rural Cohort Study. **Metabolism**, v. 60, n. 3, p. 351-358, 2011.

JOHNELL, O.; KANIS, J. A. An estimate of the worldwide prevalence, mortality and disability associated with hip fracture. **Osteoporosis International**, v. 15, n. 11, p. 897-902, 2004.

JUGDAOHSINGH, R.; ANDERSON, S. H. C.; TUCKER, K. L.; ELLITOT, H.; KIEL, D. P.; THOMPSON, R. P. H.; POWELL, J. J. Dietary silicon intake and absorption. **The American journal of clinical nutrition**, v. 75, n. 5, p. 887-893, 2002.

JUGDAOHSINGH, R.; TUCKER, K. L.; QIAO, N.; CUPPLES, L. A.; KIEL, D. P.; POWELL, J. J. Dietary silicon intake is positively associated with bone mineral density in men and premenopausal women of the Framingham Offspring cohort. **Journal of Bone and Mineral Research**, v. 19, n. 2, p. 297-307, 2004.

JUGDAOHSINGH, R.; O'CONNELL, M. A.; SRIPANYAKORN, S.; POWELL, J. J. Moderate alcohol consumption and increased bone mineral density: potential ethanol and non-ethanol mechanisms. **Proceedings of the Nutrition Society**, v. 65, n. 3, p. 291-310, 2006.

JUGDAOHSINGH, R. Silicon and bone health. **The journal of nutrition, health & aging**, v. 11, n. 2, p. 99, 2007.

JUGDAOHSINGH, R.; SRIPANYAKORN, S.; POWELL, J. J. Silicon absorption and excretion is independent of age and sex in adults. **British Journal of Nutrition**, v. 110, n. 06, p. 1024-1030, 2013.

JURKIĆ, L. M.; CEPANEC, I.; PAVELIC, S. K.; PAVELIC, K. Biological and therapeutic effects of ortho-silicic acid and some ortho-silicic acid-releasing compounds: New perspectives for therapy. **Nutr Metab**, v. 10, n. 2, p. 1, 2013.

KANIS, J. A. Diagnosis of osteoporosis and assessment of fracture risk. **The Lancet**, v. 359, n. 9321, p. 1929-1936, 2002.

KELSAY, J. L.; BEHALL, K. M.; PRATHER, E. S. Effect of fiber from fruits and vegetables on metabolic responses of human subjects, II. Calcium, magnesium, iron, and silicon balances. **The American journal of clinical nutrition**, v. 32, n. 9, p. 1876-1880, 1979.

KLEIN, R. F. Alcohol-Induced Bone Disease: Impact of Ethanol on Osteoblast Proliferation. **Alcoholism: Clinical and Experimental Research**, v. 21, n. 3, p. 392-399, 1997.

KONDO, K. Preventive effects of dietary beer on lifestyle-related diseases. **EBC proceedings**, Dublin, p. P133, 2003.

KRAUSOVÁ, I.; CEJNAR, R.; KUCERA, J.; DOSTALEK, P. Impact of the brewing process on the concentration of silicon in lager beer. **Journal of the Institute of Brewing**, v. 120, n. 4, p. 433-437, 2014.

- KUNZE, W. **Technology Brewing and Malting**. 5. ed. Berlin: Versandkosten, 960 p, 2014.
- MA, J. F.; HIGASHITANI, A.; SATO, K.; TAKEDA, K. Genotypic variation in silicon concentration of barley grain. **Plant and soil**, v. 249, n. 2, p. 383-387, 2003.
- MACDONALD, H. M.; HARDCASTLE, A. E.; JUGDAOHSINGH, R.; REID, D. M.; POWELL, J. J. Dietary silicon intake is associated with bone mineral density in premenopausal women and postmenopausal women taking HRT. In: **Journal of Bone and Mineral Research**, v. 20, p. 393-292, 2005.
- MANN, M. **New Primer on Alcoholism: How People Drink, how to Recognize Alcoholics, and what to Do about Them**. Nova York: Holt, Rinehart and Winston, 239p, 1981.
- MARIE, P. J. Osteoblasts and bone formation. **Advances in Organ. Biology**, v. 5, p. 445-473, 1998.
- MARTIN, K. R. The chemistry of silica and its potential health benefits. **The journal of nutrition, health & aging**, v. 11, n. 2, p. 94-97, 2006.
- MARTIN, R. M.; CORREA, P. H. S. Bone quality and osteoporosis therapy. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**, v. 54, n. 2, p. 186-199, 2010.
- MCLERNON, D. J.; POWELL, J. J.; JUGDAOHSINGH, R.; MacDONALD, H. M. Do lifestyle choices explain the effect of alcohol on bone mineral density in women around menopause? **The American journal of clinical nutrition**, v. 95, n. 5, p. 1261-1269, 2012.
- MCNAUGHTON, S. A.; BOLTON-SMITH, C.; MISHRA, G. D.; JUGDAOHSINGH, R.; POWELL, J. J. Dietary silicon intake in post-menopausal women. **British journal of nutrition**, v. 94, n. 5, p. 813-817, 2005.
- MEGA, J. F.; NEVES, E.; ANDRADE, C. J. A produção de cerveja no Brasil. **Revista Hestia Ciência, Tecnologia, Inovação e Oportunidade**, v. 1, n. 1, p. 21-29, 2011.
- MELLO, N. K.; MENDELSON, J. H.; TEOH, S. K. An overview of the effects of alcohol on neuroendocrine function in women. **Alcohol and the endocrine system. National Institute on Alcohol Abuse and Alcoholism Research monograph**, n. 23, p. 139-169, 1993.
- MENEZES, A. M. B. **Noções básicas de epidemiologia**. Rio de Janeiro: Revinter, 184 p., 2001.
- MEUSSDOERFFER, F. G. A comprehensive history of beer brewing. **Handbook of Brewing: Processes, Technology, Markets**. Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2009.
- MIDANIK, L.; ROOM, R. Alcohol consumption statistics. Epidemiology of alcohol consumption. **Alcohol Health and Research World**, v. 16, n. 3, p. 183-190, 1992.
- MOJSIEWICZ-PIEŃKOWSKA, K.; ŁUKASIAK, J. Analytical fractionation of silicon compounds in foodstuffs. **Food Control**, v. 14, n. 3, p. 153-162, 2003.

MOOS, R. H.; FINNEY, J. W.; CRONKITE, R. C. **Alcoholism treatment: Context, process, and outcome**. Oxford University Press, 1^a. Ed, 340 p., 1990.

MORADO, R. **Larousse da Cerveja**. Rio de Janeiro: Larousse, 360 p., 2009.

NATH, R. **Health and Disease: Role of Micronutrients and Trace Elements** *Recent Advances in the Assessment of Micronutrients and Trace Elements Deficiency in Humans*. Nova Delhi: A.P.H. Publishing Corporation, 650 p., 2000.

OLSZTA, M. J.; CHENG, X.; JEE, S. S.; KUMAR, R.; KIM, Y.; KAUFMAN, M. J.; DOUGLAS, E. P.; GOWE, L. B. Bone structure and formation: a new perspective. **Materials Science and Engineering: R: Reports**, v. 58, n. 3, p. 77-116, 2007.

PEDRERA-ZAMORANO, J. D.; LAVADO-GARCIA, J. M.; RONCERO-MARTIN, R.; CALDERON-GARCIA, J. F.; RODRIGUEZ-DOMINGUEZ, T.; CANAL-MACIAS, M. L. Effect of beer drinking on ultrasound bone mass in women. **Nutrition**, v. 25, n. 10, p. 1057-1063, 2009.

PENNINGTON, J. A. T. Silicon in foods and diets. **Food Additives & Contaminants**, v. 8, n. 1, p. 97-118, 1991.

POPPLEWELL, J. F.; KING, S. J.; DAY, J. P.; ACKRILL, P.; FIFIELD, L. K.; CRESSWELL, R. G.; di TADA, M. L.; LIU, K. Kinetics of uptake and elimination of silicic acid by a human subject: A novel application of ³²Si and accelerator mass spectrometry. **Journal of inorganic biochemistry**, v. 69, n. 3, p. 177-180, 1998.

PREEDY, V. R. **Beer in Health and Disease Prevention**. Cambridge, Massachusetts: Academic Press, 1248 p., 2008.

PRICE, C. T.; KOVAL, K. J.; LANGFORD, J. R. Silicon: a review of its potential role in the prevention and treatment of postmenopausal osteoporosis. **International journal of endocrinology**, v. 2013, n. 11, p. 1-6, 2013.

RAMALHO, A. C.; LAZARETTI-CASTRO, M. Fisiopatologia da osteoporose involutiva. **Arq Bras Endocrinol Metab**, São Paulo, v. 43, n. 6, p. 409-414, 1999.

REBELLO, F. F. P. Produção de cerveja. **Revista Agrogeoambiental**, v. 1, n. 3, 2009.

REFFITT, D. M.; JUGDAOHSINGH, R.; THOMPSON, R. P.; POWELL, J. J. Silicic acid: its gastrointestinal uptake and urinary excretion in man and effects on aluminium excretion. **Journal of inorganic biochemistry**, v. 76, n. 2, p. 141-147, 1999.

REFFITT, D. M.; OGSTON, N.; JUGDAOHSINGH, R.; CHEUNG, H. F.; EVANS, B. A.; THOMPSON, R. P.; POWELL, J. J.; HAMPSON, G. N. Orthosilicic acid stimulates collagen type 1 synthesis and osteoblastic differentiation in human osteoblast-like cells in vitro. **Bone**, v. 2, n. 32, p. 127-135, 2003.

RIZZOLI, R.; BONJOUR, J. P.; FERRARI, S. L. Osteoporosis, genetics and hormones. **Journal of molecular endocrinology**, v. 26, n. 2, p. 79-94, 2001.

ROBBERECHT, H.; CAUWENBERGH, R. V.; VLASLAER, V. V.; HERMANS, N. Dietary silicon intake in Belgium: Sources, availability from foods, and human serum levels. **Science of the Total Environment**, v. 407, n. 16, p. 4777-4782, 2009.

ROUECHE, B. **Alcohol: Its history, folklore and its effect on the human body**. Grove Press, Inc., 151 p., 1962.

RUTHERFORD, O. Bone density and physical activity. **Proceedings of the Nutrition society**, v. 56, n. 3, p. 967-975, 1997.

RYBACK, R. S. Chronic alcohol consumption and menstruation. **JAMA**, v. 238, n. 20, p. 2143-2143, 1977.

SAMBROOKE, P.; COOPER, C. Osteoporosis. **The Lancet**, v. 367, n. 2010, 2006.

SAMPSON, H. W. Alcohol's harmful effects on bone. **Alcohol health and research world**, v. 22, n. 3, p. 190-194, 1997.

SAVILLE, P. D. Changes in bone mass with age and alcoholism. **The Journal of Bone & Joint Surgery**, v. 47, n. 3, p. 492-499, 1965.

SCHIANO, A.; EISINGER, F.; DETOLLE, P.; LAPONCHE, A. M.; BRISOU, B.; EISINGER, J. Silicon, bone tissue and immunity. **Rev Rhum Mal Osteoartic.**, v. 46, n. 7, p. 483-486, 1978.

SCHOELYNCK, J.; BEAUCHARD, O.; JACOBS, S.; BAL, K.; BARÃO, L.; SMIS, A.; van BERGEN, J.; VANDEVENNE, F.; MEIRE, P.; van der SPIET, T.; COOLS, A.; van PELT, D.; HODSON, M. J.; STRUYF, E. Dissolved silicon and its origin in Belgian beers – A multivariate analysis. **Silicon**, v. 5, n. 1, p. 3-12, 2013.

SEABORN, C. D.; NIELSEN, F. H. Silicon deprivation decreases collagen formation in wounds and bone, and ornithine transaminase enzyme activity in liver. **Biological trace element research**, v. 89, n. 3, p. 251-261, 2002.

SEABORN, C. D.; NIELSEN, F. H. Silicon: A Nutritional Beneficence for Bones, Brains and Blood Vessels? **Nutrition Today**, v. 28, n. 4, p. 13-18, 1993.

SILVA, C. C.; TEIXEIRA, A. S.; GOLDBERG, T. B. L. Impacto da ingestão de cálcio sobre a mineralização óssea em adolescentes. **Rev. Nutr.** Campinas, v. 17, n. 3, p. 351-359, 2004.

SILVER, I. A.; MURRILLS, R. J.; ETHERINGTON, D. J. Microelectrode studies on the acid microenvironment beneath adherent macrophages and osteoclasts. **Experimental cell research**, v. 175, n. 2, p. 266-276, 1988.

SIPOS, W.; PIETSCHMANN, P.; RAUNER, M.; KERSCHAN-SCHINDL, K.; PATSCH, J. Pathophysiology of osteoporosis. **Wiener Medizinische Wochenschrift**, v. 159, n. 9-10, p. 230-234, 2009.

SIQUEIRA, P. B.; BOLINI, H. M. A.; MACEDO, G. A. O processo de fabricação da cerveja e seus efeitos na presença de polifenóis. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 19, n. 4, p. 491-498, 2009.

SOUZA, R. F. O que é um estudo clínico randomizado? **Medicina Ribeirao Preto**, v. 42, n. 1, p. 3-8, 2009.

SPECTOR, T. D.; CALOMME, M. R.; ANDERSON, S. H.; CLEMENT, G.; BEVAN, L.; DEMEESTER, N.; SWAMINATHAN, R.; JUGDAOHSINGH, R.; BERGHE, D. A.; POWELL, J. J. Choline-stabilized orthosilicic acid supplementation as an adjunct to calcium/vitamin D3 stimulates markers of bone formation in osteopenic females: a randomized, placebo-controlled trial. **BMC Musculoskeletal Disorders**, v. 9, n. 1, p. 85, 2008.

SRIPANYAKORN, S.; JUGDAOHSINGH, R.; DISSAYABUTR, W.; ANDERSON, S. H. C.; THOMPSON, R. P. H.; POWELL, J. J. The comparative absorption of silicon from different foods and food supplements. **British journal of nutrition**, v. 102, n. 6, p. 825-834, 2009.

TEITELBAUM, S. L. Bone resorption by osteoclasts. **Science**, v. 289, n. 5484, p. 1504-1508, 2000.

TUCKER, K. L. Osteoporosis prevention and nutrition. **Current osteoporosis reports**, v. 7, n. 4, p. 111-117, 2009.

VAANANEN, H. K.; ZHAO, H.; MULARI, M.; HALLEEN, J. M. The cell biology of osteoclast function. **Journal of cell science**, v. 113, n. 3, p. 377-381, 2000.

VAN DYCK, K.; VAN CAUWENBERGH, R.; ROBBERECHT, H.; DEELSTRA, H. Bioavailability of silicon from food and food supplements. **Fresenius' journal of analytical chemistry**, v. 363, n. 5, p. 541-544, 1999.

VAN KESTEREN, P. C.; CUBADDA, F.; BOUWMEESTER, H.; VAN EIJKEREN, J. C.; DEKKERS, S.; DE JONG, W. H.; OOMEN, A. G. Novel insights into the risk assessment of the nanomaterial synthetic amorphous silica, additive E551, in food. **Nanotoxicology**, v. 9, n. 4, p. 442-452, 2015.

VASANTHI, N.; SALEENA, L. M.; RAJ, S. A. Silicon in day today life. **World Applied Sciences Journal**, v. 17, n. 11, p. 1425-1440, 2012.

VILLOTA, R.; HAWKES, J. G.; COCHRANE, H. Food applications and the toxicological and nutritional implications of amorphous silicon dioxide. **Critical Reviews in Food Science & Nutrition**, v. 23, n. 4, p. 289-321, 1986.

WALKER, C., FREEMAN, G.; JUGDAOHSINGH, R.; POWELL, J. J. Silicon in beer: origin and concentration. **Beer in Health and Disease Prevention**, p. 367-371, 2009.

WALKER, C. The silicon content of German beers and its potential health implications. **Brauwelt International**, n. 3, p. 173-174, 2003.

WALKER, G. M. Beer. Tap into the Art and Science of Brewing. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 15, n. 1, p. 134-135, 1999.

WALTERS, J.; KOO, W. W.; BUSH, A.; HAMMAMI, M. Effect of hand dominance on bone mass measurement in sedentary individuals. **Journal of Clinical Densitometry**, v. 1, n. 4, p. 359-367, 1999.

WEINER, S.; WAGNER, H. D. The material bone: structure-mechanical function relations. **Annual Review of Materials Science**, v. 28, n. 1, p. 271-298, 1998.

WEZEMAN, F. H.; EMANUELE, M. A.; EMANUELE, N. V.; MOSKAL, S. F.; WOODS, M.; SURI, M.; STEINER, J.; LAPAGLIA, N. Chronic alcohol consumption during male rat adolescence impairs skeletal development through effects on osteoblast gene expression, bone mineral density, and bone strength. **Alcoholism: Clinical and Experimental Research**, v. 23, n. 9, p. 1534-1542, 1999.

WILSON, T. M. **Drinking Cultures: Alcohol and Identity**. Oxford: Berg Publisher, 304 p., 2005.

WUNDERLICH, S.; BACK, W. Overview of manufacturing beer: ingredients, processes, and quality criteria. In: **Beer in health and disease prevention**. Elsevier Academic Press Amsterdam, p. 3-17, 2009.

YOUNG, M. F. Bone matrix proteins: their function, regulation, and relationship to osteoporosis. **Osteoporosis international**, v. 14, n. 3, p. 35-42, 2003.