



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE FORMAÇÃO DE PROFESSORES
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA
LICENCIATURA EM QUÍMICA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

O USO DE SÓLIDOS NO ENSINO DE QUÍMICA COM ENFOQUE CTSA

JOHN KENNEDY DE SÁ MILFONT

CAJAZEIRAS - PB

2017



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE FORMAÇÃO DE PROFESSORES
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA
LICENCIATURA EM QUÍMICA**

JOHN KENNEDY DE SÁ MILFONT

O USO DE SÓLIDOS NO ENSINO DE QUÍMICA COM ENFOQUE CTSA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de Licenciado em Química, pelo CFP/UFCG, no período 2016.2, sob a orientação da Profa. Ma. Geovana do Socorro Vasconcelos Martins.

**CAJAZEIRAS – PB
2017**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação - (CIP)
Josivan Coêlho dos Santos Vasconcelos - Bibliotecário CRB/15-764
Cajazeiras - Paraíba

M644u Milfont, John Kennedy de Sá.
O uso de sólidos no ensino de química com enfoque CTSA / John
Kennedy de Sá Milfont. - Cajazeiras, 2017.
59f.: il.
Bibliografia.

Orientadora: Profa. Ma. Geovana do Socorro Vasconcelos Martins.
Monografia (Licenciatura em Química) UFCG/CFP, 2017.

1. Química - ensino. 2. Sólidos. 3. CTSA. I. Martins, Geovana do
Socorro Vasconcelos. II. Universidade Federal de Campina Grande. III.
Centro de Formação de Professores. IV. Título

Dedico este trabalho a memória dos meus pais, a minha esposa e a minha filha que tanto apoiaram e incentivaram o meu crescimento como ser humano e profissional.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus por todas as graças que me concedeu por esse momento.

A minha família, principalmente minha avó (Orcina Pires Milfont), meus tios e tias que direta ou indiretamente contribuíram de qualquer forma para o meu desenvolvimento acadêmico e pessoal.

Ao casal Tomé da Guerra Filho e Olena Marta de Sousa Guerra que sempre me apoiaram e contribuíram de forma efetiva para a minha formação acadêmica.

A minha orientadora professora Ma. Geovana do Socorro Vasconcelos Martins por toda aprendizagem, paciência e atenção proporcionada ao longo dessa orientação e por compartilhar o seu vasto conhecimento sobre o tema de estudo.

Ao professor Dr. Fernando Antônio Portela da Cunha por sua contribuição na qualificação deste trabalho, com conselhos essenciais para o seu progresso.

A todos os professores do Curso de Licenciatura em Química por participarem da minha formação profissional e pessoal.

A todos os meus amigos e amigas que direta ou indiretamente contribuíram de alguma forma para a minha formação acadêmica.

A toda turma de Química, por todo apoio, carinho e companheirismo em momentos que ficarão para sempre registrados.

SUMÁRIO

RESUMO	vii
1 INTRODUÇÃO	8
2 OBJETIVOS	10
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	11
3.1 O Ensino de Química na educação CTSA	11
3.2 Sólidos com enfoque CTSA	17
3.2.1 Sólidos Cristalinos Covalentes ou Reticulares	19
3.2.1.1 Diamante	19
3.2.1.2 Grafite	20
3.2.1.3 Nanotubo de carbono	21
3.2.2 Sólidos Cristalinos Iônicos	23
3.2.2.1 Cloreto de sódio (NaCl)	23
3.2.3 Sólidos Cristalinos Moleculares	24
3.2.3.1 Gelo (H ₂ O)	25
3.2.4 Sólidos Cristalinos Metálicos	26
3.2.4.1 Ligas Metálicas	26
3.2.4.1.1 Ouro 18 quilates	27
3.2.4.1.2 Aço Inoxidável	29
3.2.4.1.3 Amálgama	31
3.2.5 Sólido Amorfo	32
3.2.5.1 Vidro	32
4 METODOLOGIA	37
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	50
7 REFERÊNCIA	51
ANEXO	55

RESUMO

A educação com abordagem em ciência tecnologia e meio ambiente no ensino de química vem destacando a sua importância em transmitir ao aluno uma visão social, tecnológica e ambiental do meio em que está, relacionando com os conteúdos estudados em sala de aula, possibilitando o conhecimento científico e auxiliando-os a construir valores, conhecimentos e habilidades necessários na solução de questões sobre ciência e tecnologia na sociedade, tomando decisões responsáveis. Este trabalho visa a elaboração de uma sequência didática, sobre os sólidos com abordagem de ensino CTSA. Para tanto, foi trabalhada a sequência didática com 10 alunos matriculados na disciplina de Química Experimental para a Educação Básica, na UFCG, cuja a finalidade foi diagnosticar com alunos do ensino superior sobre a importância da utilização dos sólidos no ensino de química, relacionando-os com a tecnologia, a sociedade e o meio ambiente e que utilizem como metodologia de ensino para trabalhar em sala de aula com alunos do ensino médio, de modo que formem cidadãos críticos e conscientes sabendo a importância de estudar química. Para tanto, foram selecionados alguns materiais sólidos que estão presentes em nosso cotidiano, bastante aplicados na indústria, na arquitetura, na saúde, construção civil, dentre outras, e são de suma importância para a sociedade, foram os vidros, alótropos do carbono, grafite, diamante e nanotubos de carbono; gelo, cloreto de sódio e as ligas metálicas: ouro 18 quilates, aço inoxidável e amálgama, fluoreto de cálcio. Utilizou-se como instrumento de coleta de dados questionários antes e após a realização da sequência didática. A pesquisa revelou que a sequência didática com abordagem CTSA aplicada na disciplina de Química Experimental para Educação Básica mostrou a eficácia para uma aprendizagem significativa dos alunos. Além de fazer um diagnóstico dos conhecimentos dos alunos sobre sólidos, pode-se constatar que os recursos audiovisuais, como a utilização do vídeo sobre vidros e as oficinas para a construção dos sólidos são meios de tornar as aulas mais dinâmicas e contextualizadas, tornando o aluno sujeito de sua aprendizagem. Logo, percebeu-se que as aulas com abordagem CTSA favorecem a importância dos alunos conhecer os sólidos e suas aplicações no cotidiano.

Palavras-chave: Ensino de química; sólidos; CTSA

1 INTRODUÇÃO

O enfoque Ciência, Tecnologia, Sociedade e Meio Ambiente (CTSA), que surgiu da necessidade de se estabelecer um estudo mais elaborado em torno de aspectos relacionados à Ciência, Tecnologia, Sociedade e Meio Ambiente, é uma das tendências que podem ser incorporadas nas aulas de Química, logo deverá se levar em consideração neste estudo, à necessidade da escola preparar os indivíduos com formação crítica, participativa e reflexiva a respeito de vários problemas que a sociedade apresenta (BARBOSA et al, 2014).

Visando, trabalhar com uma sequência didática com abordagem de ensino CTSA, sabemos que alfabetizar os cidadãos em Ciência e Tecnologia é hoje uma necessidade do mundo contemporâneo (SANTOS e SCHNETZLER, 1997).

Desse modo, observa-se que sequências didáticas é um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores como pelos alunos (COSTA e SANTOS, 2015, p. 3).

Mas, de acordo com Barbosa (et al, 2014, p. 2), o trabalho com sequência didática pressupõe em uma elaboração de um conjunto de atividades pedagógicas de maneira planejada e interligadas entre si, para ensinar um conteúdo etapa por etapa.

Não se trata de mostrar as maravilhas da ciência, como a mídia já o faz, mas de disponibilizar as representações que permitam ao cidadão agir, tomar decisão e compreender o que está em jogo no discurso dos especialistas (FOUREZ, 1995). Essa tem sido a principal proposição dos currículos com ênfase em CTSA. O currículo com ênfase em CTS, é quando ele trata das inter-relações entre explicação científica, planejamento tecnológico e solução de problemas e tomada de decisão sobre temas práticos de importância social (SANTOS, 2007).

O tema “O uso de sólidos no ensino de química com enfoque CTSA”, foi escolhido para este trabalho de conclusão de curso, com a finalidade de favorecer, através da relação ciência, tecnologia, sociedade e o meio ambiente, a introdução de novos conhecimentos científicos ligados a realidade do cotidiano do aluno. Com essa metodologia de ensino na utilização dos sólidos no ensino de química, os alunos vão despertar para um conhecimento mais liberto e não ficar preso a uma metodologia que não desperte interesse, onde pode ser abordado nas aulas de química conteúdos como, por exemplo, ligações químicas, interações intermoleculares.

Para que serve a utilização dos sólidos na indústria, engenharia e tecnologia moderna? Porque os sólidos estão presentes em diversas áreas? Como são aplicados esses materiais no cotidiano? Para tanto, a maioria dos materiais que são usados nas tecnologias modernas apresenta-se no estado sólido. Esses materiais são usados também na indústria, arquitetura e engenharia. Os sólidos são constituídos de átomos, moléculas e íons, sendo mantidos em posições rígidas e praticamente sem liberdade de movimento. Cada sólido apresenta características únicas.

Encontramos em nosso cotidiano diversos tipos de sólidos iônicos como, por exemplo, cloreto de sódio – sal de cozinha, que alimentamos todos os dias; de sólidos moleculares (gelo); de sólidos covalentes (diamante, grafite e os nanotubos de carbono); sólidos metálicos (ligas metálicas - aço inoxidável, ouro de 18 quilates e o amálgama); e os sólidos amorfos (vidros), visando que os alunos conheçam a história desses materiais, suas características, propriedades físicas e químicas, principalmente as suas estruturas, condutividade elétrica, temperatura de fusão e ebulição, solubilidade, a composição e suas aplicações no cotidiano. Esses sólidos são de suma importância no cotidiano dos alunos, de modo que eles saibam diferenciar cada material sólido.

2 OBJETIVOS

O principal objetivo da pesquisa é trabalhar com a elaboração de uma sequência didática sobre os sólidos com abordagem de ensino Ciência, Tecnologia, Sociedade e Meio Ambiente, utilizando os sólidos cristalinos e amorfos, tais como: vidros, diamante e grafite, nanotubos de carbono, cloreto de sódio, gelo, aço inoxidável, ouro 18 quilates, amálgama (biomateriais) nas aulas de Química Experimental para Educação Básica do 6º período do curso de Licenciatura em Química do Centro de Formação de Professores (CFP) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campus de Cajazeiras-PB. Para alcançar o principal objetivo, o trabalho de conclusão de curso tem os seguintes objetivos específicos:

- Promover o conhecimento do aluno sobre a educação CTSA nas aulas de química no ensino médio, utilizando materiais sólidos como os vidros, diamante e grafite, nanotubos de carbono, cloreto de sódio, gelo, amálgama (biomateriais), ouro 18 quilates, aço inoxidável;
- Relacionar o tema com o cotidiano do aluno, através do enfoque CTSA;
- Conhecer a composição, os tipos e a produção do vidro;
- Conhecer a fabricação e aplicações dos sólidos no cotidiano;
- Utilizar materiais alternativos para a construção de alguns sólidos utilizando os modelos de bolas e palitos na qual os alunos irão construir as estruturas dos vidros, diamante e grafite, nanotubos de carbono, gelo e cloreto de sódio;
- Avaliar a aprendizagem dos alunos com este novo método de ensino e a sequência didática aplicada na disciplina Química Experimental para Educação Básica sobre os sólidos.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 O ENSINO DE QUÍMICA NA EDUCAÇÃO CTSA

A educação CTSA no ensino de química, destaca a sua importância em transmitir ao aluno uma visão social, tecnológica e ambiental do meio em que ele está, relacionando com os conteúdos estudados em sala de aula, possibilitando o conhecimento científico e auxiliando-os a construir valores, conhecimentos e habilidades necessários na solução de questões sobre ciência e tecnologia na sociedade tomando decisões responsáveis (COSTA e SANTOS, 2015).

Sabe-se que o movimento Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS) surgiu nos Estados Unidos da América, no ensino superior entre as décadas de 60 e 70 (NUNES et al, 2015). Surgiu como uma resposta diante a uma relação desequilibrada que a sociedade mantinha com a ciência e a tecnologia (NUNES, 2010).

O movimento CTS levou a proposição, a partir da década de 1970, de novos currículos no ensino de ciências que buscaram incorporar os conteúdos de ciência-tecnologia-sociedade. Esses currículos com enfoque CTS apresentam a concepção de

- (i) *ciência* como atividade humana que tenta controlar o ambiente e a nós mesmos, e que é intimamente relacionada à tecnologia e às questões sociais;
- (ii) *sociedade* que busca desenvolver, no público em geral e também nos cientistas, uma visão operacional sofisticada de como são tomadas decisões sobre problemas sociais relacionados à ciência e tecnologia;
- (iii) *aluno* como alguém que seja preparado para tomar decisões inteligentes e que compreenda a base científica da tecnologia e a base prática das decisões; e
- (iv) *professor* como aquele que desenvolve o conhecimento de e o comprometimento com as inter-relações complexas entre ciência, tecnologia e decisões. (SANTOS e MORTIMER, 2002, p. 3, grifos do autor)

Sendo que, para uma aprendizagem mais significativa dos alunos, tais currículos devem conter

(i) a apresentação de conhecimentos e habilidades científicos e tecnológicos em um contexto pessoal e social; (ii) a inclusão de conhecimentos e habilidades tecnológicos; (iii) a ampliação dos processos de investigação de modo a incluir a tomada de decisão e (iv) a implementação de projetos de CTS no sistema escolar. (SANTOS e MORTIMER, 2002, p. 3-4).

Com a integralização desses currículos, os alunos poderão desenvolver as seguintes habilidades e conhecimentos

a auto-estima, comunicação escrita e oral, pensamento lógico e racional para solucionar problemas, tomada de decisão, aprendizado colaborativo/cooperativo, responsabilidade social, exercício da cidadania, flexibilidade cognitiva e interesse em atuar em questões sociais. (HOFSTEIN, AIKENHEAD e RIQUARTS, 1988¹ apud SANTOS e MORTIMER, 2001, p. 96).

Com isso, os currículos escolares com enfoque CTS atua de modo a promover o aluno a se posicionar como um indivíduo crítico e questionador, dono de saber e um agente integrante do processo de ensino-aprendizagem, expandindo essas qualidades que vai além da sua vivência escolar, levando consigo para o futuro (LOPES, 2012).

Esse movimento cresceu no mundo inteiro, passando a refletir criticamente sobre as relações entre ciência, tecnologia e sociedade. Mas, com o agravamento dos problemas ambientais e diante de discussões sobre a natureza do conhecimento científico e seu papel na sociedade, foi incorporada uma perspectiva de reflexão sobre consequências ambientais, posteriormente elas passaram a ser denominadas também Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente (CTSA) quando se incluíam obrigatoriamente na cadeia das inter-relações CTS as implicações ambientais. O movimento CTSA vem resgatar o papel da educação ambiental (EA) do movimento inicial de CTS (SANTOS, 2007).

¹ HOFSTEIN, A.; AIKENHEAD, G.; RIQUARTS, K. Discussions over STS at the fourth IOSTE symposium. **International Journal of Science Education**, v. 10, n. 4, p.357-366, 1988.

A importância do Ensino de Química, para formação de um cidadão crítico é apresentada nas Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais, PCN + Ensino Médio (BRASIL, 2002)

A Química pode ser um instrumento da formação humana que amplia os horizontes culturais e a autonomia no exercício da cidadania, se o conhecimento químico for promovido como um dos meios de interpretar o mundo e intervir na realidade, se for apresentado como ciência, com seus conceitos, métodos e linguagens próprios, e como construção histórica, relacionada ao desenvolvimento tecnológico e aos muitos aspectos da vida em sociedade. (BRASIL, 2002, p.87).

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs), afirmam que os alunos compreendam as transformações químicas que ocorrem no mundo físico de forma abrangente e integrada e assim possam julgar baseado em fundamentos as informações advindas da tradição cultural, da mídia e da própria escola e enquanto cidadãos, tomar decisões autonomamente. Enfatizam a necessidade de a escola promover uma alfabetização científica no Ensino de Química, buscando desenvolver um ensino de qualidade possibilitando ao aluno compreender tanto os processos químicos em si quanto da construção de um conhecimento científico em articulação que estreita a relação de forma significativa com as aplicações tecnológicas e suas implicações ambientais, sociais, políticas e econômicas (BRASIL, 2002). O Ensino de Química com enfoque CTSA requer de forma diferenciada uma postura significativa do professor, que deverá atuar como um

[...] grande articulador para garantir a mobilização dos saberes, o desenvolvimento do processo e a realização de projetos, nos quais os alunos estabelecem conexões entre o conhecimento adquirido e o pretendido com a finalidade de resolver situações-problema, em consonância com suas condições intelectuais, emocionais e contextuais. (PINHEIRO et al., 2007, p. 77).

Para o cidadão, o Ensino de Química deve estar centralizado na inter-relação de dois componentes básicos: a informação química e o contexto social, pois para o cidadão participar ativamente da sociedade precisa não só compreender a Química, mas a sociedade em que está inserido. Dessa forma é preciso adotar novas metodologias de ensino, sendo necessário não só repensar, mas reformular metas para o Ensino de Química desenvolvendo uma cultura educativa inovadora que se consolide em paradigmas construtivistas, reconhecendo a importância e valorizar a participação dos estudantes, que se envolve ativamente e contribui para a construção do seu próprio conhecimento (BORGES et al, 2010).

Mas, para estimular a iniciativa dos estudantes, o artigo 36 da Lei de Diretrizes e Bases (LDB) expressa a necessidade de metodologias de ensino e avaliação dentro da sala de aula (PINHEIRO *et al.*, 2007).

É preciso estimular o aluno a desenvolver a adaptabilidade e flexibilidade, formando-o como pessoa que tome decisões, avalie o papel das decisões humanas na determinação da sobrevivência e da vida na sociedade futura. É, pois, imprescindível desenvolver nos alunos a capacidade de diferenciar o que é conhecimento do que é informação, verificando o que há de mais relevante para poder resolver criticamente um problema específico no campo sócio-tecnológico. (PINHEIRO *et al.*, 2007, p. 79).

Podemos concluir, que para aplicar o enfoque CTSA, não é apenas passar conhecimentos, mas empregar estratégias de ensino de forma organizada. Essas estratégias devem considerar os conhecimentos prévios dos estudantes, fazendo-se a contextualização dos temas sociais relacionados aos conteúdos ministrados em sala de aula. Sendo assim, quando é apresentado um problema para o estudante tentar resolvê-lo, com base em suas experiências vividas no seu cotidiano, o mesmo é instigado antes mesmo de inserir o conhecimento científico. Assim, o professor deve estar preparado e de posse de materiais adequados, visando não apenas a escola em si, mas o meio no qual o seu aluno convive. (PINHEIRO *et al.*, 2007).

Como estratégias em um ensino com enfoque CTS, algumas técnicas didáticas foram sugeridas, tais como: sessões de discussão, jogos de simulação, fóruns e debates, palestras, trabalhos de grupo e individuais, pesquisa de campo, solução de problemas, leitura de textos

ilustrativos e trabalhos cooperativos. Essas técnicas auxiliam no desenvolvimento de atitudes e habilidades necessárias para a formação do senso crítico do aluno e, assim, promovem a reflexão sobre a sociedade em que convive, garantindo o valor da cidadania. (SANTOS e MORTIMER, 2002).

Partindo de uma introdução com um problema social, os materiais de ensino relativos ao enfoque CTS são melhores. Em seguida, será analisado a tecnologia relacionada a esse problema social, também decorrente desses fatores haverá um estudo científico. Posteriormente, há o estudo da tecnologia correlata com o conteúdo apresentado e, por fim, há uma discussão da questão social colocada em pauta inicialmente. (SANTOS e MORTIMER, 2002).

Um material de ensino, que é exemplo da abordagem CTSA é o livro *Química e Sociedade*. Teve sua origem a partir do Projeto de Ensino de Química e Sociedade – Pequis, desenvolvido no Laboratório de Pesquisas em Ensino de Química – LPEQ, do Instituto de Química da Universidade de Brasília (UnB), tem como um de seus objetivos a produção de material didático para o ensino médio de química. De acordo com Santos (et al, 2009, grifos do autor), o projeto teve origem ao final do segundo semestre de 1996, sendo que o último livro publicado pelo Projeto de Ensino de Química e Sociedade (Pequis) é a versão do *Química e sociedade* no formato de volume único. O conteúdo programático de química correspondente aos três anos de ensino secundário, chamado de Ensino Médio no Brasil, foi dividido no livro *Química e sociedade* em nove unidades programáticas. Para cada unidade programática foi selecionado um tema CTS central. No volume único do livro *Química e sociedade*, são abordados nove temas CTS relacionados às unidades programáticas do livro (SANTOS et al, 2009, grifos do autor).

Os temas CTS de cada unidade são desenvolvidos por meio de textos da seção “tema em foco” do livro, a qual está entremeada nos capítulos das unidades programáticas

Em cada capítulo do livro *Química e sociedade* são explorados de um a dois textos da seção “tema em foco”. Nos textos da seção “tema em foco” busca-se fazer uma abordagem ampla do tema CTS de forma que o aluno compreenda processos químicos envolvidos e possa discutir aplicações tecnológicas relacionadas ao tema, compreendendo os efeitos das tecnologias na sociedade, na melhoria da qualidade de vida das pessoas e suas decorrências ambientais (SANTOS et al, 2009, p. 24, grifos do autor)

Existe uma escassez enorme de instituições de ensino no Brasil com essa linha de pesquisa voltada para o enfoque CTS, sendo uma das maiores causas para essa ideia se manter viva, ficando omissa a oferta de cursos de especialização para a grande maioria dos professores, tornando insuficiente a sua formação disciplinar, pois pouco se explora da interdisciplinaridade desejada em um ensino com esse enfoque, ainda requerendo a formação continuada dos docentes com reformas nos currículos das licenciaturas. (PINHEIRO *et al.*, 2007).

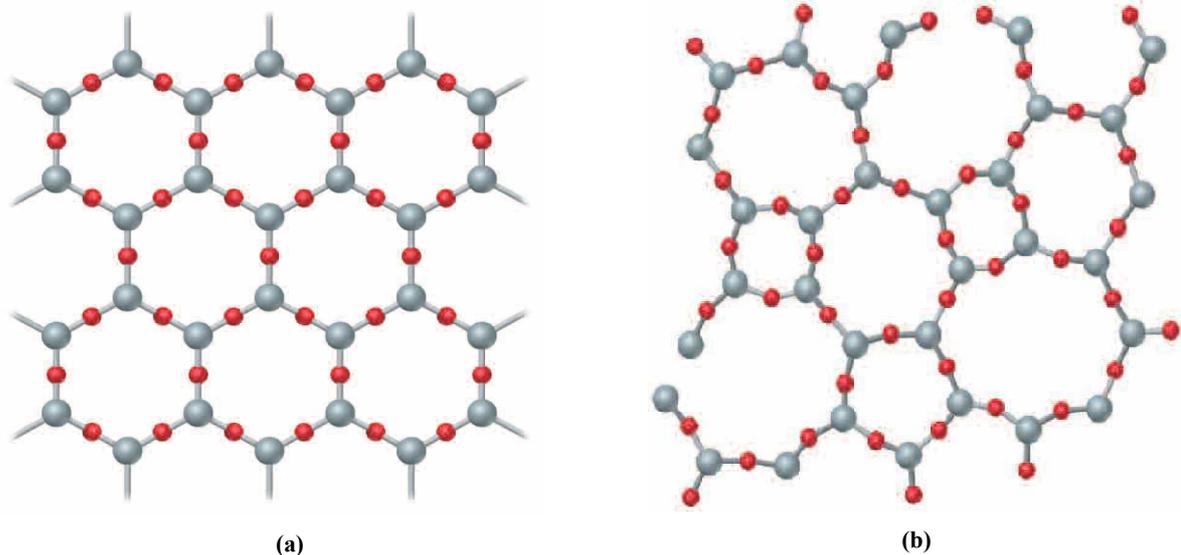
Quem sabe um dia se torna realidade em ter um ensino de qualidade, mas para que isso ocorra será necessário a resolução dessas deficiências que existe e a reflexão coerente dos professores sobre o atual quadro do ensino brasileiro. Neste ensino todos conseguirão discernir a ciência utilitária daquela que é só um pré-requisito para ser aprovado no final do ano ou no vestibular (LOPES, 2012).

3.2 SÓLIDOS COM ENFOQUE CTSA

Descrevemos sobre alguns materiais sólidos com enfoque CTSA, que estão presentes em nosso cotidiano, sendo bastante aplicados na indústria, na arquitetura, na saúde, construção civil, dentre outras, e são de suma importância para a sociedade, são eles: vidros, alótropos do carbono: grafite, diamante e nanotubos de carbono; gelo, cloreto de sódio e as ligas metálicas: ouro 18 quilates, aço inoxidável e amálgama.

O estado sólido é um dos estados físicos da matéria, cuja característica própria possui forma e volume definidos e os átomos, íons ou moléculas estão em posições rígidas. Os sólidos são classificados em cristalinos e amorfos. Nos sólidos cristalinos, **Figura 1(a)**, as partículas constituintes estão distribuídos em uma estrutura interna ordenada, por exemplo, o gelo, diamante, grafite, etc. Já, os sólidos amorfos, **Figura 1(b)**, é um sólido no qual os átomos, íons ou moléculas se encontram em um arranjo desordenado, por exemplo, o vidro.

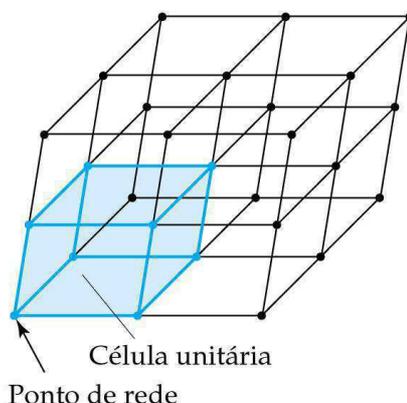
Figura 1. (a) sólido cristalino, arranjo organizado e (b) sólido amorfo, estrutura irregular (extraído de BROWN, 2002).



Um sólido é caracterizado pelo arranjo ordenado tridimensional de seus átomos, o **retículo cristalino**. Para simplificar um trabalho de descrição de um retículo cristalino, é fundamental especificar a **célula unitária** (**Figura 2**), uma pequena fração do retículo que contém as suas características e que pode ser usado para construir o retículo inteiro. Uma **rede**

(Figura 2) é um arranjo regular e repetitivo de pontos num plano (RUSSELL, 1994, grifos do autor)

Figura 2. Célula unitária e ponto de rede (extraído de BROWN, 2002).



Os sólidos cristalinos (Tabela 1) são classificados de acordo com o tipo de ligação entre as partículas que os constituem, em iônicos, reticulares (covalentes), moleculares e metálicos: **Sólidos iônicos** são formados pela atração mútua de íons positivos e negativos. **Ex.:** Cloreto de Sódio (NaCl), etc; **Sólidos reticulares ou covalentes**, construídos por ligações covalentes caracterizada pelo compartilhamento de um ou mais pares de elétrons entre átomos. **Ex.:** alótropos do carbono: diamante, grafite, nanotubos de carbono; **Sólidos moleculares** são constituídos por moléculas, mantidas em suas posições por forças intermoleculares. **Ex.:** o gelo, etc.; **Sólidos metálicos:** são formados por cátions unidos por um “mar” de elétrons. **Ex.:** Ligas metálicas (outro 18 quilates, aço inoxidável, amálgama), etc (ATKINS e JONES, 2012, grifos nosso). Alguns sólidos cristalinos e amorfos serão descritos a seguir:

Tabela 1. Tipos de sólidos cristalinos (extraído de BROWN, 2002).

Tipo de sólido	Forma das partículas unitárias	Forças entre as partículas	Propriedades	Exemplos
Molecular	Átomos e moléculas	Forças de dispersão de London, forças dipolo-dipolo, ligações de hidrogênio	Razoavelmente macio, ponto de fusão de baixo a moderado, condução térmica e elétrica ruim	Argônio, Ar; metano, CH ₄ ; sacarose, C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁ ; Gelo Seco TM , CO ₂
Covalente	Átomos ligados em uma rede de ligações covalente	Ligações covalentes	Muito duro, pontos de fusão muito altos, geralmente condutores térmicos e elétricos ruins	Diamante, C; quartzo, SiO ₂
Iônico	Íons positivos e negativos	Atrações eletrostáticas	Duros e quebradiços, alto ponto de fusão, pobres condutores térmicos e elétricos	Sais típicos — por exemplo, NaCl, Ca(NO ₃) ₂
Metálico	Átomos	Ligações metálicas	De macios a muito duros, de baixos a altos pontos de fusão, excelentes condutores térmicos e elétricos, maleáveis e dúcteis	Todos os elementos metálicos — por exemplo, Cu, Fe, Al, Pt

3.2.1 SÓLIDOS CRISTALINOS COVALENTES OU RETICULARES

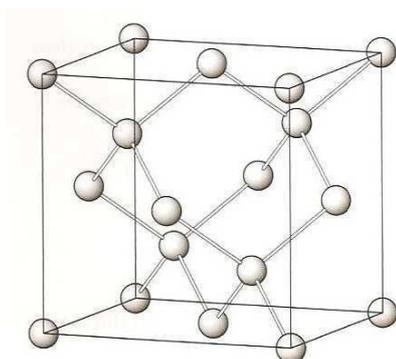
Nos sólidos covalente ou reticulares os átomos são mantidos por ligações covalentes fortes, formando uma rede que se estende por todo o cristal (ATKINS e JONES, 2012). Como as ligações covalentes são muito mais fortes que as forças intermoleculares, esses sólidos são muito mais duros e têm pontos de fusão e ebulição mais altos que os sólidos moleculares e frequentemente não são reativos (BROWN, 2002). Exemplos incluem o fósforo vermelho, o silicônio, o quartzo, SiO_2 e – de grande importância – o diamante, o grafite e os nanotubos de carbono, que discutiremos em detalhe, a seguir.

3.2.1.1 Diamante

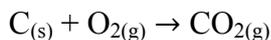
O diamante é um alótropo do carbono. Cada átomo de carbono com hibridização sp^3 está ligado a seus quatro átomos de C adjacentes nos vértices de um tetraedro regular, com todos os elétrons em ligações σ C–C (**Figura 3**). Cada átomo de C forma ligações simples com comprimento de 154 pm. A rede de forte ligações C–C se repete através do cristal e, como resultado, o diamante é a substância mais dura que se conhece (ATKINS e PAULA, 2012). O diamante é um sólido até acima de 4000 °C, porque é necessária uma quantidade enorme de energia para quebrar essas fortes ligações covalentes (CANHAM e OVERTON, 2015).

O diamante foi produzido maciçamente pela primeira vez, pela General Electric Company nos anos 1940, com o uso de altas temperaturas (em torno de 1600 °C) e pressões extremamente altas (cerca de 5×10^9 Pa, ou seja, 50.000 vezes a pressão atmosférica). Os diamantes produzidos por esse método, são ideais para brocas de perfuração e como material abrasivo (CANHAM e OVERTON, 2015).

Figura 3. Estrutura cúbica do diamante (extraído de SHRIVER, 2008).



Pensava-se que a grafite e o diamante fossem substâncias diferentes, até o século XIX. Foi Humphry Davy, um químico britânico – que “tomou emprestado” um dos diamantes de sua esposa e colocou fogo nele – demonstrando que o dióxido de carbono (CO₂) é o único produto quando o diamante se queima (CANHAM e OVERTON, 2015):



O diamante é um sólido rígido, transparente e isolante elétrico. Devido sua alta condutividade térmica, são usados em alguns circuitos integrados que não podem superaquecer. A densidade do diamante é de 3,5 g/cm³ é muito maior que a da grafite que é de 2,2 g/cm³. O ponto de fusão do diamante é 3500 °C (ATKINS e JONES, 2012). Os diamantes naturais (do tipo esfarelita) são encontrados predominantemente na África. Mas, a República Democrática do Congo é o maior produtor (29%), sendo que a África do Sul ainda produz a maioria das pedras de qualidade gema, 17% da produção (CANHAM e OVERTON, 2015).

A conversão de diamante em grafite à temperatura e pressão ambiente é espontânea $\Delta G^\circ = -2,90$ kJ/mol. Os diamantes sintéticos, foram sintetizados desde 1880 por J. B. Henney, um químico escocês. Obteve diamante a partir de hidrocarbonetos, óleo de osso e lítio mas seus resultados nunca foram reproduzidos. A síntese foi obtida em 1955, usando grafite e um metal aquecidos a 1230-1730 °C e 7×10^9 Pa. O grafite e o metal precisam estar fundidos para que o diamante seja produzido, mas a temperatura depende do ponto de fusão do metal (SHRIVER, 2008).

3.2.1.2 Grafite

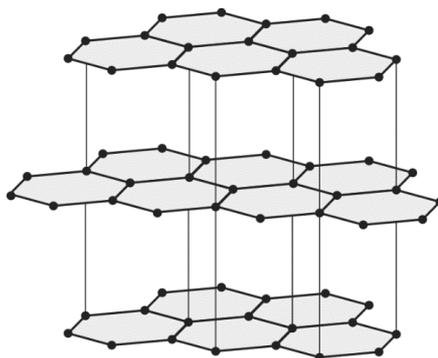
Foram descobertas em 1400, as primeiras minas de grafite, na Bavaria, hoje uma região da Alemanha. Em 1504, descobriram uma mina de grafite em Cuberland, na Inglaterra. Somente no final do século XVIII o químico Karl Wilhelm Scheele comprovou cientificamente, que a grafite era um elemento próprio do carbono (ELETROERO, 2017).

O grafite possui uma estrutura bastante diferente da do diamante. O grafite é formada por folhas planares de átomos de carbonos hibridizados sp^2 em um arranjo hexagonal (**Figura 4**). Cada folha de hexágonos de átomos de carbono do grafite é chamada de folha de *grafeno*. O grafeno é um novo material promissor na indústria eletrônica (ATKINS e JONES, 2012, grifos do autor). As ligações σ entre os átomos vizinhos dentro de cada camada são formados a partir da sobreposição de híbridos sp^2 , e os orbitais p perpendiculares remanescentes se

sobrepõem para formar ligações π que estão deslocalizados por todo o plano, o que faz o grafite ser um sólido macio e preto com um lustro levemente metálico. A condutividade elétrica e muitas das propriedades químicas do grafite estão intimamente ligadas à estrutura das suas ligações π deslocalizadas. Logo, o grafite conduz melhor a eletricidade na direção paralela as folhas do que na direção perpendicular (SHRIVER, 2008, grifos do autor).

O comprimento da ligação carbono-carbono no grafite é de 141 pm, sendo que essas ligações são muito menores que as do diamante (154 pm) (**Figura 4**). Já, a distância entre as camadas de carbono é muito grande, 335 pm, indicando que as forças entre elas são fracas. O grafeno (folha hexagonal do grafite) é um bom detector de gases, com isso a absorção de moléculas de gás muda suas propriedades elétricas, por isso o grafite adsorve moléculas de gás entre suas camadas. A massa específica do grafite é de 2,2 g/cm³. O ponto de fusão é em torno de 3300 °C (CANHAM e OVERTON, 2015).

Figura 4. Estrutura do grafite. O comprimento da ligação C-C é de 141 pm e a distância entre os planos é de 335 pm (extraído de SHACKELFORD, 2008).



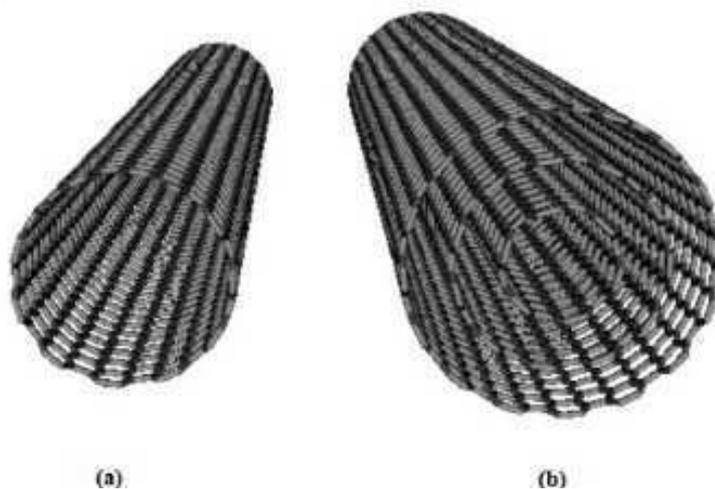
A grafite é empregada em lubrificantes, na forma de eletrodos, e como mistura de grafite-argila em lápis de grafite. Vem do Extremo Oriente a maior parte da mineração de grafite, sendo China, as duas Coreias, Sibéria os principais produtores. A província de Ontário, Canadá, na América do Norte, tem depósitos significativos. A grafite também é produzida a partir de carbono amorfo, sendo o método mais confiável o *processo Acheson* (CANHAM e OVERTON, 2015, grifos do autor).

3.2.1.3 Nanotubos de carbono

Os nanotubos são outro alótropo do carbono. Foram descobertos pela primeira vez em 1991 pelo cientista japonês Sumio Iijima (CANHAM e OVERTON, 2015). Os nanotubos de carbono (**Figura 5**) consistem essencialmente em arranjos hexagonais de átomos de carbono

ligados covalentemente, semelhante às folhas de grafite, enroladas na forma de cilindros e fechadas com meio fullereno em cada extremidade. Os nanotubos podem ser abertos nas extremidades, mas geralmente são vedados. O diâmetro dos cilindros é tipicamente de 5 nm-15 nm (BURROWS et al, 2012, grifos nosso).

Figura 5. Nanotubos de carbono. (a) nanotubos de parede simples – NCPS. (b) nanotubos de parede múltiplas – NCPM (extraído de NANOTECHNOLOGIA HOJE, 2012).



Sob condições patenteadas, os nanotubos podem ser produzidos pelo aquecimento da grafite em uma atmosfera inerte, até cerca de 1200 °C. Os átomos de carbono nos nanotubos são mantidos unidos por ligações covalentes, com isso os tubos são imensamente fortes, sendo aproximadamente 100 vezes a resistência de um fio equivalente de aço. É um excelente condutor elétrico, devido a deslocalização dos elétrons π que ocupam os orbitais p não hibridizados. Quando os hexágonos estiverem alinhados com o longo do eixo do nanotubos, este comportamento abre a possibilidade dos nanotubos serem equivalente elétrico das fibras óticas. Os nanotubos de extremidade aberta armazena hidrogênio gasoso. Podem ser produzidos pelo aquecimento de grafite em uma atmosfera inerte sob condições 1200 °C (CANHAM e OVERTON, 2015). Possui outras utilidades interessantes, produção de circuitos integrados para conectar componentes, são utilizados como agulhas muito pequenas, capazes de injetar fármacos dentro de uma única célula e tem alta resistência mecânica e capilaridade. Esse é um exemplo de nanotecnologia (BURROWS et al, 2012).

Existem duas classes de nanotubos: os nanotubos de paredes simples (NCPS), **Figura 5 (a)**, e os nanotubos de paredes múltiplas (NCPM), **Figura 5 (b)**. Os NCPS são nanotubos de carbono simples, já, os NCPM é em camadas concêntricas de nanotubos, como um cabo coaxial. Os NCPS, atualmente, sua síntese é de custo muito elevado (CANHAM e OVERTON, 2015). Os tubos NCPS tem um diâmetro de 1 a 2 nm e extensão de vários

micrômetros. O NCPM possui um diâmetro que varia entre 0,4 e 25 nm (ATKINS e PAULA, 2012).

Os nanotubos de carbono são aplicados em: dispositivos para armazenamento e conversão de energia, sensores, dispositivos semicondutores em escala nanométrica, usados como peneiras moleculares, como aditivos para materiais poliméricos e como suporte em processos catalíticos, por exemplo. Algumas dessas aplicações encontram-se atualmente em fase comercial, ao passo que outras estão ainda em fase de testes (HERBST, 2004).

3.2.2 SÓLIDOS CRISTALINOS IÔNICOS

Os cristais iônicos são formados por íons unidos por ligações iônicas. A estrutura e a estabilidade de um cristal iônico depende das cargas do cátion e do ânion e também de seus raios. Sólidos iônicos apresentam pontos de fusão elevados, o que indica a existência de poderosas forças coesivas mantendo os íons unidos. Esses sólidos não conduzem eletricidade porque os íons ocupam posições fixas. A condução elétrica é a passagem ou movimento de partículas carregadas. Os íons são partículas carregadas, mas não estão livres para se movimentar num sólido iônico. Mas, o NaCl e outros sólidos iônicos são bons condutores porque seus íons são móveis, ou seja, quando fundidos ou dissolvidos em água, os íons ficam livres para se movimentar e o líquido resultante é um condutor de eletricidade (CHANG e GOLDSBY, 2013).

A força de uma ligação iônica depende muito das cargas dos íons. Portanto, NaCl, no qual os íons têm cargas $1+$ e $1-$, tem um ponto de fusão de $801\text{ }^{\circ}\text{C}$, enquanto MgO, no qual as cargas são $2+$ e $2-$, funde-se a $2.852\text{ }^{\circ}\text{C}$ (BROWN, 2002). Os sólidos iônicos são duros, porém quebradiços, porque a ligação iônica é forte, ficando difícil distorcer o retículo (RUSSELL, 1994).

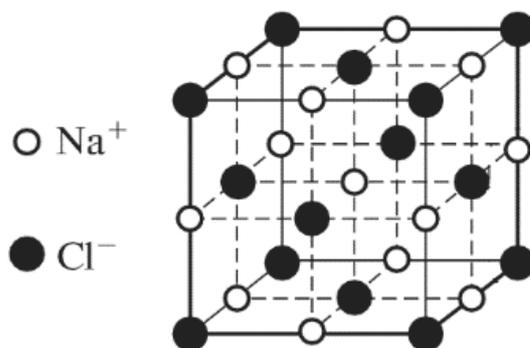
3.2.2.1 Cloreto de Sódio (NaCl)

O Cloreto de sódio (NaCl) é uma estrutura iônica comum. Os íons Na^+ ficam nos vértices e nos centros das faces de um cubo, formando um cubo de face centrada (**Figura 6**). O NaCl tem um ponto de fusão de $808\text{ }^{\circ}\text{C}$ (RUSSELL, 1994) e sua densidade é de $2,165\text{ g/cm}^3$ (KLEIN, 2012). O íon sódio (Na^+) tem um raio iônico de 102 pm e o raio do íon cloro (Cl^-) é 181 pm (ATKINS e JONES, 2012). Cada íon Na^+ é rodeado por 6 íons Cl^- dispostos no vértice de um octaedro regular. Analogamente, cada íon Cl^- é rodeado por 6 íons Na^+ (LEE,

2003). O cloreto de sódio ocorre naturalmente como o mineral sal-gema, que se origina de lagos salinos que secaram em épocas remotas. O sal-gema é usado mais do que qualquer outro mineral na manufatura de produtos químicos e também é bastante usado na eliminação do gelo nas rodovia, onde reduz o ponto de congelamento da água (SHRIVER, 2008).

A primeira estrutura cristalina do cloreto de sódio, NaCl, foi pela primeira vez determinado por técnicas de difração de raios X por William Lawrence Bragg e seu pai William Henry Bragg, em 1913. O cloreto de sódio tem algumas aplicações: na indústria química onde é fonte de sódio e cloro para a fabricação de ácido clorídrico e um grande número de compostos com sódio. Sal (cloreto de sódio) é utilizado extensivamente em seu estado natural para curtir couros, em fertilizantes, em alimentação de animais de criação e no extermínio de ervas daninhas. Na sua função doméstica, o sal entra na preparação de alimentos de vários tipos, tais como a preservação da manteiga, queijo, peixe e carne (KLEIN, 2012).

Figura 6. Estrutura cúbica do cloreto de sódio (extraído de SHACKELFORD, 2008)



3.2.3 SÓLIDOS CRISTALINOS MOLECULARES

São moléculas mantidas unidas por forças intermoleculares. Já, suas propriedades físicas dependem das energias dessas forças (ATKINS e JONES, 2012). As forças entre as moléculas são normalmente mais fracas e são chamadas de **forças de Van der Waals**, segundo o físico holandês do século XIX, Johannes Diderik van der Waals, que propôs sua existência ou ligações de hidrogênio (RUSSELL, 1994, grifos do autor).

Com as forças de Van der Waals e as ligações de hidrogênio são muito fracas em comparação com as ligações covalente e iônicas, os cristais moleculares quebram mais facilmente do que os iônicos e os covalentes. Na verdade, a maioria dos cristais moleculares funde abaixo dos 100 °C (CHANG e GOLDSBY, 2013). O gelo, é um sólido molecular.

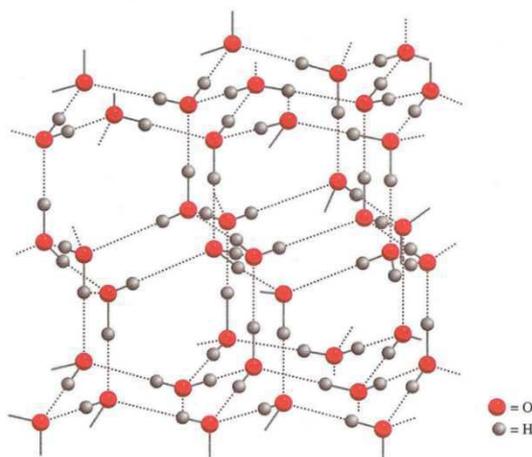
3.2.3.1 Gelo (H₂O)

Sabemos que a água apresenta na natureza as formas sólida, líquida e gasosa. A água é uma substância tão comum na Terra que muitas vezes não percebemos sua natureza única. A água é um excelente solvente para muitos compostos iônicos, assim como para outras substâncias capazes de formar com ela ligações de hidrogênio e que todos os processos vitais envolvem água (CHANG e GOLDSBY, 2013).

Sua forma sólida é menos densa que a líquida: o gelo flutua na superfície da água líquida, é a propriedade mais surpreendente da água. A densidade de quase todas as outras substâncias é maior no estado sólido do que no estado líquido (CHANG e GOLDSBY, 2013).

A densidade mais baixa do gelo comparada com a da água está relacionada com as interações de ligação de hidrogênio entre as moléculas de água. No estado líquido, cada molécula de água sofre variações contínuas de interações com seus vizinhos. A ligação de hidrogênio é uma componente principal dessas interações. As moléculas estão tão próximas quanto possível, mesmo que seus movimentos térmicos mantenham-nas em constante movimento. Entretanto, quando a água congela, as moléculas assumem o arranjo aberto e ordenado mostrado na **Figura 7**. Esse arranjo otimiza as interações de ligação de hidrogênio entre as moléculas, mas ele cria uma estrutura menos densa para o gelo se comparada com a da água. Uma determinada massa de gelo ocupa maior volume que a mesma massa de água líquida, sendo menos denso. No entanto, a densidade do gelo a 0 °C (0,917 g/mL) é menor que a da água líquida (1,00 g/mL), de forma que o gelo flutua na água líquida (BROWN, 2002, grifos nosso).

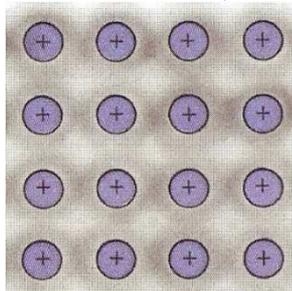
Figura 7. Estrutura tridimensional do gelo. As ligações covalentes estão representadas por traços cheios e curtos e as ligações de hidrogênio, mais fracas, por linhas pontilhadas mais compridas entre O e H. Cada átomo de O está ligado a quatro átomos de H. As cavidades na estrutura são responsáveis pela baixa densidade do gelo. (extraído de CHANG e GOLDSBY, 2013).



3.2.4 SÓLIDOS CRISTALINOS METÁLICOS

Os sólidos metálicos são constituídos por metais. Os cátions de um metal mantêm-se em posição pela interação com o “mar” de elétrons que os circunda (ATKINS e JONES, 2012). A ligação deve-se aos elétrons de valência deslocalizados por todo o sólido. Na realidade, podemos visualizar o metal como uma rede de íons positivos imersos em um mar de elétrons de valência deslocalizados, como mostrado na **Figura 8**. As propriedades físicas como dureza e ponto de fusão, está relacionado com a intensidade de suas ligações. Entretanto, em geral a força da ligação aumenta à medida que o número de elétrons disponíveis para a ligação aumenta. Assim, o sódio, que tem apenas um elétron de valência por átomo, funde-se a 97,5 °C, enquanto o cromo, com seis elétrons além do cerne de gás nobre, funde-se a 1.890 °C. A alta mobilidade dos elétrons explica por que os metais são bons condutores de calor (térmico) e eletricidade (BROWN, 2002).

Figura 8. Seção transversal de um cristal metálico. Cada círculo com carga positiva representa o núcleo e os elétrons internos de um átomo metálico. A região sombreada em cinza, que rodeia os íons metálicos positivos indica o “mar de elétrons” móveis (extraído de CHANG e GOLDSBY, 2013).



A presença dos elétrons livres no metais explica um aspecto característico do metal, sua alta refletividade e seu *brilho metálico*. O metal possui um brilho peculiar, devido aos elétrons, deslocalizados numa superfície metálica que absorvem e reirradiam a luz que incide na superfície lisa de um metal reflete completamente a luz em todos os ângulos. Os cristais metálicos são em geral muito densos (RUSSELL, 1994, grifos do autor). A mobilidade dos elétrons também explica a **maleabilidade** dos metais, a capacidade de adquirir diferentes formas sob pressão, e sua **ductilidade**, a capacidade de se transformar em fios (ATKINS e JONES, 2012, grifos do autor).

3.2.4.1 Ligas metálicas

A liga é um material que contém mais de um elemento, do qual pelo menos um deles é metal, e possuindo propriedades metálicas. A fusão de metais é de grande importância, porque é uma das maneiras primárias de modificar as propriedades dos elementos metálicos puros (BROWN, 2002). As propriedades das ligas dependem de sua composição, de sua estrutura cristalina, e do tamanho dos grãos que as formam. Algumas ligas são mais macias do que os metais que as compõem e fundem em temperaturas mais baixas (ATKINS e JONES, 2012).

As ligas tem grande importância nas indústrias automobilísticas, navais, aeronáuticas, bélicas e da construção civil. Estão presentes também nos setores de eletrônica e de comunicações. Destacamos algumas ligas, a seguir.

3.2.4.1.1 Ouro 18 quilates

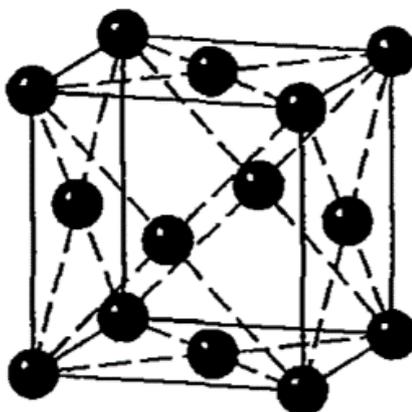
O ouro foi um dos primeiros metais utilizados e manipulados pelo homem, por ser encontrado puro na natureza. Os povos antigos foram atraídos pela rara beleza do ouro. Foram encontrados em sepulcros localizados na cidade de Varna, Bulgária, os objetos mais antigos de ouro, datados entre 4600-4200 a.C. Nanopartículas de ouro em suspensão foram utilizadas pelos egípcios, em torno de 4000 a.C., sendo ingerido por eles que consideravam uma bebida capaz de purificar a mente, o corpo, o espírito e rejuvenescia, tornando assim o “elixir da longa vida”. Datados de 2600 a.C., sobre os hieróglifos (cada sinal da escrita de antigas civilizações) egípcios e a manipulação do ouro na Bíblia, existe registros históricos. O ouro foi muito utilizado na América Pré-Colombiana, no período entre 900-500 a.C. Além de se destacar na história dos povos antigos, na idade moderna, o ouro foi de extrema importância na história de vários países. No século XIX, após o ouro ser descoberto na Califórnia (EUA), milhares de pessoas se deslocaram para a região com o intuito de se tornarem ricas. Já, no Brasil, com a descoberta desse metal No Brasil, por exemplo, a descoberta desse elemento e o início da exploração das minas nas regiões auríferas (Minas Gerais, Mato Grosso e Goiás) provocaram uma verdadeira “corrida do ouro”, o que afetou diretamente o desenvolvimento dessas regiões e conseqüentemente a história de nosso país. (JUNQUEIRA et al, 2012).

A República da África do Sul é a maior produtora mundial de ouro, com cerca de 14% do total mundial, seguida pelos Estados Unidos, Austrália e China (KLEIN, 2012).

Na estrutura cristalina do ouro (Au), todos os átomos são de ouro, unidos por ligações metálicas (**Figura 9**). Esse metal, dentre todos, é o mais maleável e dúctil (CANTO, 2004). Além disso, apresenta outras características: maiores condutividades elétricas e térmicas, é

muito denso, coloração dourada, aspecto brilhante e amarelo e resistente à corrosão (LEE, 2003).

Figura 9. Estrutura cúbica do ouro (extraído de KLEIN, 2012).



O ouro é encontrado na natureza em forma de veios e pepitas. Veios de ouro são incrustações do metal presentes em rochas. Nos veios, o processo de extração consiste na mineração e em seguida são processadas para separar o ouro. As pepitas são fragmentos de ouro metálico depositados em vales fluviais. O processo usado para obtê-las é o garimpo (CANTO, 2004). Ainda de acordo com Canto (2004), nos garimpos são encontrados também fragmentos muito pequenos, que são difíceis de separar manualmente. Nesses casos, há garimpeiros que empregam um modo de separação que utiliza mercúrio. Trata-se de um processo bastante eficaz no que diz respeito à obtenção do ouro, mas, por sua vez, constitui uma gravíssima ameaça ao meio ambiente.

É importante destacar o *ouro do tolo* conhecido como a pirita (FeS_2). O ouro é um metal maleável e se deforma facilmente. O mesmo não acontece com a pirita, que é bastante rígida (CANTO, 2004, grifos nosso).

Sabemos que o ouro puro não é aplicado em joias, pois ele muito maleável e se deforma com facilidade. Geralmente o que se faz é misturá-la com cobre e/ou prata, a fim de obter um material menos sujeito à deformação, ou seja, mais rígido (CANTO, 2004). O ouro 18 quilates é uma liga metálica composto por Ouro (75%), Prata (10-20%) e Cobre (5-15%) (CANHAM e OVERTON, 2015).

Quilates é a escala aplicada a peças de ouro para indicar o teor desse metal nelas presente. O chamado “ouro 24 quilates” é o ouro puro, ou seja, em cada 24 gramas do material, 24 gramas são de ouro. Por sua vez, a expressão “ouro 18 quilates” significa que, em

cada 24 gramas do material, 18 gramas são de ouro, e o restante é cobre e/ou prata. Um quilate corresponde a 200 miligramas (CANTO, 2004, grifos nosso).

Canto (2004), destaca a obtenção do ouro. O ouro é encontrado no estado nativo, pode ser inerte nas condições terrestres, na forma de veios e pepitas. Pequenas quantidades de ouro são encontrados em rochas, por ser difíceis de separar manualmente, é extraído com a utilização do mercúrio. Assim, quando no garimpo não se encontram pepitas de tamanho tal que se possa separá-las manualmente, adiciona-se mercúrio à lama que contém ouro em forma de pó. Forma-se um amálgama de ouro (mercúrio + ouro), que não se mistura à lama. O amálgama é, então, retirado e aquecido com um maçarico até a completa evaporação do mercúrio, restando o ouro puro.

Podemos destacar que o ouro é encontrado em diversas aplicações: usado para reserva monetária, propósitos de investimento na forma de medalhões e pequenas barras, jóias, instrumentos científicos, galvanoplastia, folha de ouro e na odontologia – empregado em restaurações dentárias (KLEIN, 2012); drogas de ouro são usadas no tratamento da artrite reumática (SHRIVER, 2008); na indústria farmacêutica, no tratamento do câncer (Au¹⁹⁸), nanopartículas de ouro têm sido aplicada no diagnóstico do câncer, em satélites artificiais – para controle da temperatura, visores de trajes especiais, resistente a corrosão, é usado em computadores, relês, chaves elétricas (placas de contato) e telefones. Eletrodos de ouro são largamente utilizados em estudos eletroquímicos e eletroanalíticos (JUNQUEIRA et al, 2012). Na **tabela 2**, apresenta as propriedades física e química do ouro:

Tabela 2. Propriedades Física e Química do ouro (extraído de CALLISTER, 2000, grifos nosso).

Densidade do sólido, 20 °C (g/cm ³)	Estrutura cristalina, 20 °C	Raio Atômico (nm)	Raio Iônico (nm)	Ponto de fusão (°C)	Ponto de ebulição (°C)	Condutividade elétrica [(Ω-m) ⁻¹]
19,3	Cúbica de face centrada (CFC)	0,144	0,137	1064	2807*	4,3 x 10 ⁷

*(extraído de ATKINS e JONES, 2012).

3.2.4.1.2 Aço Inoxidável

O aço inoxidável foi desenvolvido por Harry Brearly (1871-1948), que começou a trabalhar como operário numa produtora de aço aos 12 anos de idade, na sua terra natal, Sheffield (Inglaterra). Em 1912, Harry começou a investigar, a pedido dos fabricantes de armas, uma liga metálica que apresentasse uma resistência maior ao desgaste que ocorria no

interior dos canos das armas de fogo como resultado do calor liberado pelos gases (OLIVEIRA, 2009).

O aço é uma liga de ferro, carbono e outros elementos. Contém cerca de 2% ou menos de carbono. A adição de outros metais ao aço pode ter um grande efeito na sua estrutura e propriedades e, portanto, nas suas aplicações (SHRIVER, 2008). O aço inoxidável é uma liga metálica composta por Ferro (65-85%), Cromo (12-20%), Níquel (2-15%), Manganês (1-2%), Carbono (0,1-1%) e Silício (0,5-1%) (CANHAM e OVERTON, 2015). Na composição do aço inox, deve conter no mínimo 10,50% de cromo (CARBÓ, 2008). São muito resistentes a corrosão. A resistência à corrosão é consequência de uma camada fina de óxido de cromo que se forma na superfície do aço e a protege da oxidação posterior (ATKINS e JONES, 2012). O Cr é considerado o elemento mais importante porque é o que dá aos aços inoxidáveis uma elevada resistência à corrosão (CARBÓ, 2008).

De acordo com Oliveira (2009), as principais características dos aços inoxidáveis: Alta resistência à corrosão; Acabamentos superficiais e formas variadas; Versatilidade e Forte apelo visual (modernidade, leveza, e prestígio); Mantém suas propriedades, mesmo quando submetido a elevadas temperaturas ou a baixas temperaturas (materiais criogênicos); Resistência mecânica elevada (pode ultrapassar 2000 MPa); Facilidade de limpeza, devido à sua baixa rugosidade superficial; Boa soldabilidade; Material 100% reciclável: não agride o meio ambiente; Material inerte, ou seja, não deixa gosto, não tem cheiro e não desprende metais; Durabilidade: o que é feito em inox é feito para durar por muito tempo; Relação custo/benefício favorável; Baixo custo de manutenção.

O aço produzido em altos-fornos é chamado *ferro gusa*. O ferro gusa comum é composto por: Ferro em massa (90-95%), Carbono (3,5-4,5%), Manganês (0,4-1,0%), Silício (0,5-1,2%) e de outros elementos do minério original, incluindo enxofre e fósforo. Para a fabricação de aço, o ferro gusa deve ser processado. A primeira etapa, consiste em remover as impurezas remanescentes e diminuir o teor de carbono do ferro. No *processo de oxigênio básico*, uma corrente de oxigênio e calcário pulverizado é usada para purificar o ferro fundido por oxidação e combinação com as impurezas presentes. Na segunda etapa, o aço é produzido pela adição de metais apropriados ao ferro fundido. O aço obtido é uma liga contendo 2% ou menos de carbono no ferro. As várias formulações dos aços têm graus diferentes de dureza, ductilidade e resistência à tensão. Quanto mais alto for o teor de carbono, mais duro e quebradiço será o aço (**Tabela 3**). O aumento da resistência e a dureza do aço pelo controle do tamanho dos pequenos cristais que se formam no metal sólido, é ocasionado pelo tratamento por aquecimento (ATKINS e JONES, 2012, grifos do autor). Os aços inoxidáveis

são formados quando metais são adicionados ao aço. A estrutura cristalina do aço inoxidável é controlada por fatores como a velocidade de resfriamento após a sua formação no forno e o tipo de metal adicionado (SHRIVER, 2008).

Tabela 3. Classificação do aço (extraído de SHRIVER, 2008).

Tipo de aço	Conteúdo de carbono (%)	Propriedades e aplicações
Aço de baixo teor de carbono	< 0,15	ductilidade e baixa dureza, arame de ferro
Aço de moderado teor de carbono	0,15 a 0,25	cabos, pregos, grades e ferraduras
Aço de médio teor de carbono	0,20 a 0,60	pregos, vigas, trilhos e componentes estruturais
Aço de alto teor de carbono	0,61 a 1,5	facas, navalhas, ferramentas de corte e brocas

Os aços inoxidáveis têm aplicações devido as suas propriedades mecânicas, físicas e metalúrgicas. Sua beleza e versatilidade fazem com que o aço inox tenha um campo de aplicações muito abrangente. É aplicação na indústria química, petroquímica, alimentícia e outras. O aço inoxidável passou a ser largamente utilizado nas mais diversas aplicações, como na construção arquitetônica, em instrumentos cirúrgicos, em próteses ósseas, na construção civil, na indústria farmacêutica, na fabricação de móveis, em objetos de uso doméstico e a outros semelhantes. Os setores da indústria em que o aço inoxidável é utilizado são: Automobilístico, ferroviário, naval, agrícola, rodoviário, eletroeletrônico, mecânico, construção civil, utilidades domésticas, embalagens e recipientes (OLIVEIRA, 2009). Segundo Canto (2004), o aço inox pode ser usado também na fabricação de talheres, utensílios domésticos e lâminas de barbear.

Oliveira (2009) afirma, os produtos de aço inoxidável são materiais 100% recicláveis, e por isso, nunca viram lixo ao final de sua vida útil. Isto ocorre porque o aço inoxidável é constituído de elementos como ferro, cromo, níquel, e molibdênio, que tornam a sua reciclagem, economicamente viável. A indústria do aço inoxidável possui uma excelente performance ambiental, pois utiliza racionalmente energia primária, economiza recursos não renováveis e, além disso, reduz o fluxo de desperdícios.

3.2.4.1.3 Amálgama

O amálgama é uma substância formada pela combinação de mercúrio com outro metal ou metais. Na odontologia moderna, o material mais usado para a restauração de dentes cariados é conhecido como *amálgama dentário*. O amálgama líquido é formado quando o

mercúrio dissolve a prata e o ouro de um minério (CHANG e GOLDSBY, 2013, grifos do autor).

Os amálgamas possuem excelentes propriedades físicas e químicas, são elas: resistência ao atrito, pouca expansibilidade, reatividade lenta com ácidos; quanto à cor, eles deixam muito a desejar, por essa ser muito diferente da cor natural dos dentes. Os químicos desenvolveram e colocaram à disposição dos dentistas dezenas de ligas, cujos componentes principais estão indicados na **Tabela 4**. No que diz respeito ao preço e à durabilidade, o amálgama propicia mais vantagens do que desvantagens. Isso faz do amálgama um material de amplo uso na odontologia atualmente. (SILVA et al, 2001).

Tabela 4. Ligas metálicas mais comumente usadas em odontologia e suas respectivas composições (extraído de SILVA et al, 2001).

Metais	% (em massa)
Prata	66,7 a 74,5
Estanho	25,3 a 27,0
Cobre	0,0 a 6,0
Zinco	0,0 a 1,9

Um dos aspectos negativos do amálgama de prata é a presença de mercúrio em sua composição. O mercúrio é um metal tóxico para os seres vivos e para o meio ambiente. Se não for bem armazenado e descartado adequadamente, contamina o meio ambiente, prejudicando a fauna e a flora. (JESUS, et al, 2010).

3.2.5 SÓLIDO AMORFO

Os sólidos são mais estáveis quando estão na forma cristalina. Contudo, se um sólido se forma rapidamente (por exemplo, quando um líquido é resfriado rapidamente), os átomos ou moléculas não têm tempo suficiente para se alinharem e podem ficar presos em posições diferentes daquelas de um cristal regular. O sólido resultante é denominado sólido *não cristalino* (ou *amorfo*). Os *sólidos não cristalinos (amorfos)*, como o vidro, *não apresentam um arranjo tridimensional ordenado de átomos* (CHANG e GOLDSBY, 2013, grifos do autor).

3.2.5.1 Vidros

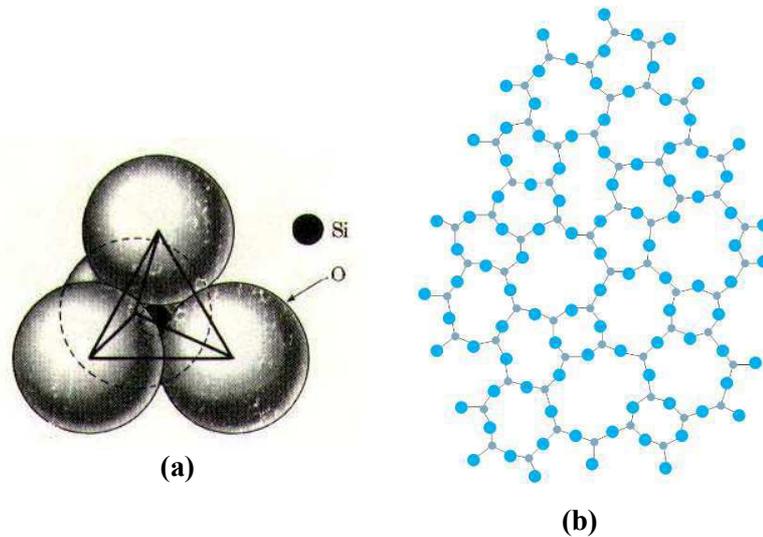
O grande naturalista romano, Plínio, nascido no ano 23 d.C., em sua enciclopédia *Naturalis história*, atribui aos fenícios a obtenção dos vidros. Segundo o relato, ao desembarcarem nas costas da Síria há cerca de 7000 anos a.C., os fenícios improvisaram fogões usando blocos de salitre (nitrato de sódio) sobre a areia. Observaram que, passado algum tempo de fogo vivo, escorria uma substância líquida e brilhante que se solidificava rapidamente (ALVES et al, 2001).

Artesão sírios da região da Babilônia e Sidon, por volta do ano 200 a.C., desenvolveu uma técnica de fundamental importância na arte de fazer objetos de vidro chamada de *técnica de sopragem*. Na técnica de sopragem é utilizado um tubo de ferro de aproximadamente 100 a 150 cm de comprimento, com uma abertura de 1 cm de diâmetro, permitia ao vidreiro introduzi-lo no forno contendo a massa de vidro fundida, e retirar uma certa quantidade que, soprada pela extremidade contrária, dava origem a uma peça oca (ALVES et al, 2001, grifos do autor).

O vidro é um produto inorgânico fundido, que atinge por resfriamento uma condição rígida, sem que ocorra cristalização (ALVES et al, 2001). Os vidros mais comuns são silicatos; o vidro comum de janela é composto por, aproximadamente, 72% de sílica (SiO_2), principal componente, fundido com o restante do material sendo principalmente óxido de sódio (Na_2O) e óxido de cálcio (CaO) (SHACKELFORD, 2008). Além disso, com alguns óxidos dos metais de transição para conferir coloração e outras propriedades. Sendo assim, a cor do vidro deve-se em grande parte a presença de íons metálicos (na forma de óxidos). Por exemplo, o vidro verde contém óxido de ferro(III) - Fe_2O_3 ou óxido de cobre(II) - CuO ; o vidro amarelo contém óxido de urânio(IV) - UO_2 ; o vidro azul contém óxidos de cobalto(II) - CoO e óxido de cobre(II) - CuO e o vidro vermelho contém pequenas partículas de ouro e cobre (CHANG e GOLDSBY, 2013).

A unidade básica da rede de sílica é o tetraedro silício-oxigênio, **Figura 10 (a)**, no qual um átomo de silício está ligado a quatro átomos de oxigênio. Os átomos de oxigênio se dispõem espacialmente, formando um tetraedro. Os tetraedros de sílica estão ligados pelos vértices, através do compartilhamento de um átomo de oxigênio, por dois átomos de silício. Todos os quatro átomos de oxigênio de um tetraedro podem ser compartilhados com quatro outros tetraedros formando uma rede tridimensional, **Figura 10 (b)**. A distância média entre átomos de silício em sílica vítrea (SiO_2) é cerca de 3,6 Å, e não há ordem entre estes átomos a distâncias superiores acerca de 10 Å. (AKERMAN, 2000).

Figura 10. (a) Unidade básica da rede de sílica; (b) rede tridimensional do vidro, na qual fica caracterizada a falta de simetria e periodicidade (extraído de AKERMAN, 2000).



Atualmente, existem mais de 800 tipos de vidros. Em nosso cotidiano verificamos vários tipos de vidros (**Tabela 5**), tais como: quartzo puro, pyrex (borossilicato), sodo-cálcico (CHANG e GOLDSBY, 2013).

Tabela 5. Composição e propriedades de três tipos de vidros (extraído de CHANG e GOLDSBY, 2013).

Nome	Composição	Propriedades e utilizações
Vidro de quartzo puro	100% SiO ₂	Baixa expansão térmica, transparente em uma ampla gama de comprimento de onda. Usado em pesquisas ópticas.
Vidro Pyrex	60-80% SiO ₂ 10-25% B ₂ O ₃ Pequena quantidade Al ₂ O ₃	Baixa expansão térmica, transparente ao visível e ao infravermelho, mas não à radiação UV. Usado principalmente em materiais de laboratórios e utensílios de cozinha.
Vidro sodo-cálcico	75% SiO ₂ 15% Na ₂ O 10% CaO	Facilmente atacado por produtos químicos e sensível aos choques térmicos. Transmite luz visível, mas absorve radiação UV. Usado principalmente em janelas e garrafas.

As propriedades dos vidros dependem diretamente de sua composição, as quais permitem que estes apresentem as mais diferentes propriedades: ópticas, condutoras ou isolantes, resistência mecânica e térmica, absorção de radiações de alta energia e ionizantes e resistência ao ataque químico, dentre outras.

De acordo com Alves (et al, 2001), existe uma grande variedade de métodos em que os vidros podem ser produzidos, mas a maioria continua sendo obtida pela fusão dos seus componentes, em elevadas temperaturas. Durante o processo inicial de aquecimento, as matérias-primas passam por uma série de transformações físicas e químicas para produzir o

fundido. A conversão deste em um líquido homogêneo pode requerer outros processamentos, incluindo a remoção de componentes não-fundidos, impurezas e bolhas e a agitação. Os vidros puros de sílica são muito caros, devido ao fato de que o fundido é obtido somente em temperaturas superiores a 2000 °C. Mas a temperatura é reduzida para valores inferiores a 1600 °C. Após a obtenção do fundido, a próxima etapa do processamento é denominada moldagem do vidro, a qual pode ser feita por quatro métodos principais: sopro, prensagem, fundição e estiramento ou flutuação. Dentre os métodos de moldagem, vamos nos ater ao processo de estiramento ou flutuação, método mais usado na fabricação de vidros planos. O vidro é moldado estirando-se uma larga lâmina de vidro derretido em um tanque de estanho, também derretido. O vidro solidifica-se a temperatura mais alta que o estanho, podendo, portanto, ser removido. De maneira geral, depois de moldados os vidros são submetidos a um processo denominado recozimento e, em alguns casos, também a um processo de têmpera. O recozimento tem por finalidade remover as tensões que podem ser criadas na moldagem. Segundo Atkins e Jones (2012), Os vidros podem ser moldados na forma de folhas, soprados para formas garrafas ou moldados na forma desejada.

Quando olhamos ao nosso redor, vemos que vários objetos do nosso cotidiano são fabricados de vidros. Vejamos algumas aplicações dos vidros: janelas, lâmpadas, lustres, espelhos, vidros de relógios, objetos de decoração, utensílios de cozinha (copos, taças, xícaras, pratos, etc.) e diferentes tipos de recipientes (garrafas, frascos de medicamentos, produtos alimentícios, etc.). Alguns destes produtos estão ilustrados na **Figura 11**. Além deles, os vidros também são utilizados em diversos equipamentos eletroeletrônicos, tais como televisores, micro-ondas, fogões e monitores de vídeo, dentre outros (ALVES et al, 2001).

Figura 11. Objetos de uso diário fabricados com vidro: (a) utensílios domésticos; (b) diferentes tipos de embalagens (potes, garrafas etc.) (extraído de ALVES et al, 2001).



A reciclagem sempre grande destaque na indústria vidreira e ganhou força nos últimos anos com os grandes investimentos feitos para promover e estimular o retorno da embalagem de vidro como matéria-prima. Com um quilo de vidro se faz outro quilo de vidro, sem emissão de CO₂ para o meio ambiente. Além da vantagem do reaproveitamento de 100% do caco, a reciclagem permite poupar matérias-primas e energia, preservando a natureza. Essa características fazem do vidro um material único (ABIVIDRO, 2017).

4 METODOLOGIA

No presente trabalho foi elaborado questionário (**ANEXO**) para investigar os conhecimentos prévios dos alunos, sobre os sólidos, em seguida, construímos sequência didática, como está apresentada no **Quadro 1**, com ênfase ao movimento CTSA para o uso dos sólidos no ensino de química. Para tanto, a sequência didática elaborada divididas em 4 momentos, equivalente a 8 aulas com duração de 120 minutos. Participaram 10 alunos matriculados na disciplina de Química Experimental para Educação Básica (QEEB), do 6º período do Curso de Licenciatura em Química do Centro de Formação de Professores da Universidade Federal de Campina Grande, no Campus de Cajazeiras-PB.

Quadro 1. Sequência Didática

ETAPAS	SEQUÊNCIA DIDÁTICA
1º momento	<ul style="list-style-type: none">– Apresentação do Projeto;– Aplicação do questionário, com o objetivo de investigar o conhecimento prévio dos alunos sobre os sólidos com enfoque CTSA.
2º momento	<ul style="list-style-type: none">– Apresentação/Explicação do conteúdo sobre os sólidos cristalinos e amorfos com ênfase em CTSA.– Realização das oficinas com os alunos, para as construções de sólidos com materiais alternativos - modelo de bola e palito.
3º momento	<ul style="list-style-type: none">– Apresentação e discussões do vídeo sobre os vidros.– Utilização do software DIAMOND, para visualização dos sólidos.
4º momento	<ul style="list-style-type: none">– Avaliar a aprendizagem dos alunos, através do questionário e a discussão das etapas trabalhadas.

No primeiro momento, aplicação do questionário e avaliar os conhecimentos que os alunos já adquiriram ao longo dos estudos da química. Para tanto, foram avaliados a definição de sólidos, quais os tipos de sólidos que encontrados no cotidiano, bem como as diferentes

propriedades dos sólidos grafite e diamante e os conhecimentos das composições das ligas metálicas, dos vidros sua composição, produção e aplicações no cotidiano.

No segundo momento, foi elaborado as aulas sobre os sólidos cristalinos e amorfos com ênfase em CTSA (**Quadro 2**). Em seguida, realizado uma atividade experimental por meio de oficina para a construção dos sólidos, utilizou-se os materiais alternativos de baixo custo, como massa de modelar e palitos de dente, onde foram construídos os seguintes sólidos: cloreto de sódio, gelo, vidros, nanotubo de carbono e fluoreto de cálcio. Para essa atividade os alunos foram divididos em duplas. Mas, os alunos pesquisaram sobre os sólidos selecionado, principalmente, sobre as comprimentos da ligação e suas aplicações e importância na ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente. Deste modo, para que os alunos pudessem conhecer os parâmetros da ligação: comprimento da ligação, tamanho dos átomos, principalmente suas aplicações com abordagem CTSA. Assim que os sólidos foram contruídos, explicou-se os tipos de sólidos, os parâmetros da ligação (comprimento da ligação, tipo de ligação), principalmente, a estrutura cristalina.

No terceiro momento aplicou-se um vídeo didático sobre a produção dos vidros, com o tema A química do fazer – vidro e depois a utilização do software Diamond, para visualização de algumas estruturas de sólidos (sólidos cristalinos e amorfos).

No quarto momento para avaliar a aprendizagem dos alunos, após as aulas que foram trabalhadas atividades desenvolvidas com enfoque CTSA, como a construção dos sólidos com materiais alternativos, a apresentação do vídeo sobre vidros (**Figura 19**), utilizou-se um questionário e finalizando foi discutida as etapas trabalhadas.

Quadro 2. – Apresentam os slides que foram elaborados para a aula de sólidos com abordagem CTSA (FONTE: Próprio autor)

Diamante

Sólidos transparente
Isolante elétrico bom condutor
Substância mais dura
Maior condutividade térmica

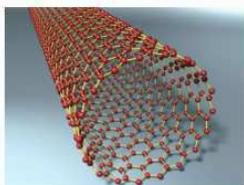
África do sul (17% da produção)
Produção pedras preciosas

Grafite

O grafite é uma pilha de camada planas dentro das quais cada átomo de C tem três vizinhos mais próximo de 142pm. As ligações sigma entre o átomos dentro das camadas são formadas a partir de sobreposição de híbridos sp^2 e orbitais p perpendiculares remanescentes se sobrepõem para formar ligações π (π).
A Estrutura em camadas de grafite responde por toda sua alta condutividade elétrica

Excelentes lubrificantes
Eletrodos
Lápis de Grafite (Grafite-argila)

Nanotubos de carbono



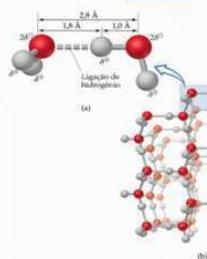
Armazenamento do hidrogénio

Podem ser produzidos pelo aquecimento de grafite em uma atmosfera inerte sob condições 1200 °C

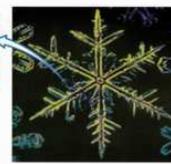


Japonês Sumio Iijima 1991

Gelo



Porque o gelo flutua na água?



Amálgama



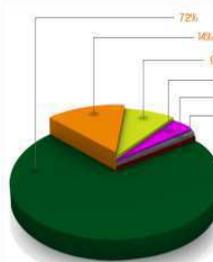
- Liga metálica formada pela reação química do mercúrio com outro metal.

Amálgama de Prata:
Na odontologia, como restaurador dentário.

Amálgama de Ouro:
Mineração do ouro.

Amálgama de Sódio:
Lâmpadas de vapor de sódio.

Composição do vidro



- Silica (SiO₂)**
Materia prima básica (areia) com função vitrificante
- Sódio (Na₂O₄)**
Proporciona estabilidade ao vidro contra ataques de agentes atmosféricos
- Calcio (CaO)**
Proporciona estabilidade ao vidro para suportar mudanças bruscas de temperatura e aumenta a resistência mecânica
- Magnésio (MgO)**
Garante resistência ao vidro para suportar mudanças bruscas de temperatura e aumenta a resistência mecânica
- Alumina (Al₂O₃)**
Aumenta a resistência mecânica
- Potássio (K₂O)**

Processo de produção do vidro:

- Matéria-prima:** Silica, Sódio, Calcio, Magnésio, Alumina, Potássio.
- Fusão:** O vidro é fundido em um forno a 1500°C.
- Formação:** O vidro fundido é formado em uma variedade de produtos, como garrafas, janelas e fibras.
- Acabamento:** O vidro é tratado termicamente para aliviar as tensões e melhorar a qualidade.

Benefícios do vidro: Resistência mecânica, estabilidade química, transparência, isolamento térmico e acústico.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo serão apresentados os resultados dos questionários (ANEXO) aplicados na pesquisa, bem como as descrições das atividades experimentais realizadas nas oficinas de construção dos sólidos e avaliação da aprendizagem dos alunos quanto as aulas com abordagem CTSA, com a discussão da sequência didática que foi trabalhada.

De acordo com o levantamento e análise dos resultados obtidos, observou-se que, as respostas dos alunos ao questionário prévio, onde podemos diferenciar os sólidos, líquidos e gases, percebeu-se que a maioria dos alunos apresentaram dificuldades em conceituar os sólidos de acordo com os conceitos superficiais quando comparados aos conceitos abordados nos livros didáticos do ensino superior Atkins, et al (2012), mas observou-se uma certa confusão no conceito de sólidos. Como é apresentado na resposta do aluno A1: *Sólidos são estruturas rígidas ou objetos que possam ser manuseados com as próprias mãos.*

Apesar de os alunos já terem estudado os sólidos no ensino médio no conteúdo de ligações químicas, no ensino superior percebeu-se, que associaram os sólidos a nível de organização, atribuíram a organização dos átomos, como sólidos cristalinos e esqueceram de citar os sólidos moleculares. Esse fato pode estar relacionado deficiência de aprendizagem deste no ensino médio, que por sua vez a maioria dos alunos são oriundos de escola pública, por sua vez tiveram professores não formados na área de química, também alunos argumentaram que não estudaram os sólidos no ensino superior.

Nas análise das respostas dos estudantes ao questionário sobre os sólidos presentes no dia a dia dos alunos, observou-se os sólidos mais citados foram os vidros, carbono (diamante e grafite), as ligas metálicas, ouro e entre outros metais como o ferro, alumínio, cobre, zinco. É importante, observar que os alunos já fazem associação dos sólidos em nosso cotidiano.

Nas respostas dos alunos sobre a capacidade do grafite de conduzir corrente elétrica melhor que o diamante observou-se que 6 alunos afirmaram não saber responder e 4 alunos responderam. Selecionou-se as seguintes respostas dos alunos:

O aluno A5:

“Devido a forma como os átomos de carbono estão ligados numa respectiva cadeia”

Tentou explicar, havendo uma confusão de conceitos, atribuindo a ligação dos átomos de carbono em uma cadeia. Mas, de acordo com Atkins, et al (2012), o grafite é formado por folhas planares de átomos de carbono hibridizados sp^2 em um arranjo hexagonal, onde os

elétrons podem se mover nas folhas, mas com dificuldade de uma folha para outra, com isso conduzindo eletricidade melhor que o diamante.

O aluno A1 afirmou:

“Que devido o arranjo molecular facilita a transmissão da corrente elétrica”

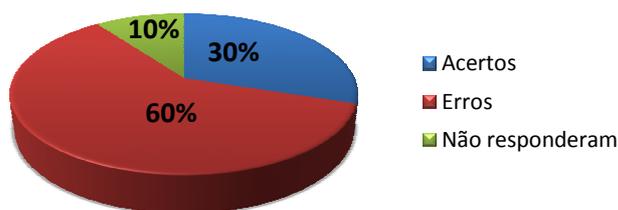
Já, o aluno A2:

“Devido a forma como os átomos de carbono estão organizados”

Sabe-se que a química tem linguagem específica de acordo com os PCNs. Para tanto, observou-se que os alunos A1 e A2 associaram a resposta com a estrutura cristalina e a organização dos átomos. De acordo com Canham e Overton (2015), o grafite devido a sua estrutura em camadas de grafenos responde por uma das suas mais interessantes propriedades, uma alta condutividade elétrica. Especialmente, a condutividade no plano das folhas é aproximadamente 5000 vezes maior que os ângulos retos em relação às folhas.

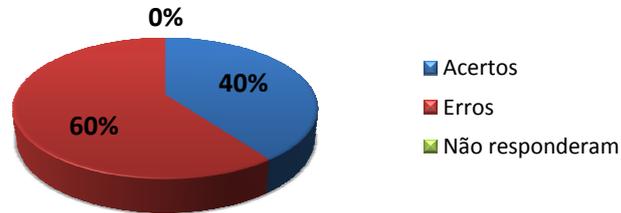
Foi questionado aos estudantes com quais povos teve início a história dos vidros. Com base nos resultados expressos na **Figura 12**, pode-se observar que 60% dos estudantes não acertaram a resposta, mostrando a deficiência com relação a história dos vidros, que segundo Alves (et al, 2001), é praticamente impossível falarmos de tais materiais sem fazermos menção à própria História da Civilização.

Figura 12. A história dos vidros teve início com quais povos?



A **Figura 13**, os alunos foram questionados sobre os tipos de vidros

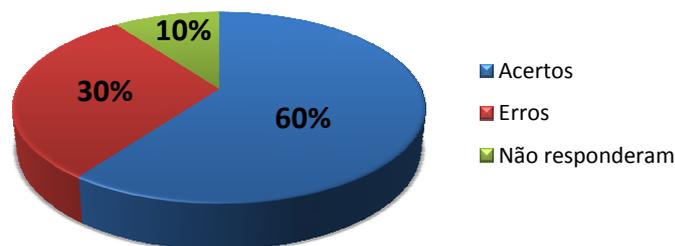
Figura 13. Você conhece as estruturas de sólidos amorfos como o vidro, sabe-se que este material é muito importante e que atualmente existem vários tipos de vidros. Quais vidros representa esses tipos?



Com base nas respostas dos alunos na **Figura 13**, pode-se observar que 60% não obtiveram êxito. Mas, de acordo com Alves (et al, 2001), quando olhamos ao nosso redor, vemos que vários objetos do nosso cotidiano são fabricado de vidros e que atualmente, existem mais de 800 tipos de vidros (CHANG e GOLDSBY, 2013).

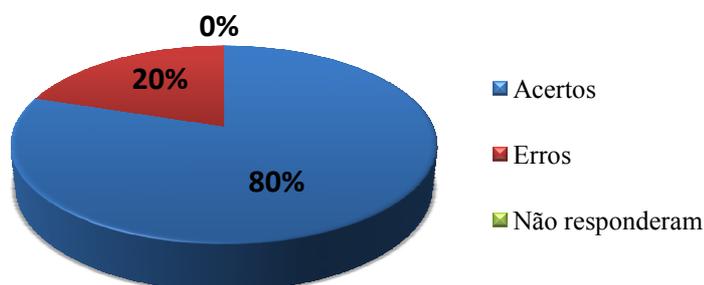
Os discentes foram questionados sobre quais as principais matérias-primas para a fabricação de um vidro comum. Com base nos resultados expressos na **Figura 14**, observou-se que 60% dos alunos acertaram as respostas. Podemos concluir que as repostas foram baseadas no conhecimento do cotidiano. Segundo Shackelford (2008), a sílica (SiO_2 - areia) é a principal matéria-prima para a fabricação do vidro comum.

Figura 14. Cite as principais matérias-primas para a fabricação de um vidro comum?



Com relação da importância a reciclagem dos vidros (**Figura 15**), pode-se observar as respostas.

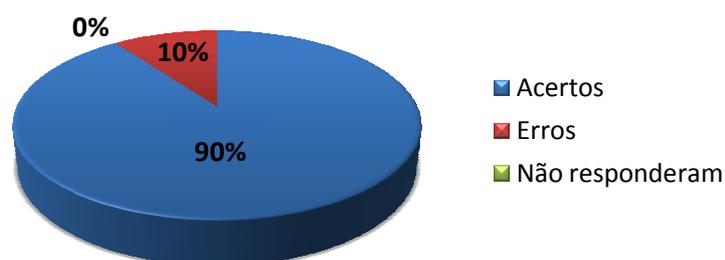
Figura 15. Qual a importância da reciclagem dos vidros?



Com base nos resultados expressos no **Figura 15**. Pode-se observar que 80% acertaram, com isso demonstrando que sabem da importância que a reciclagem proporciona ao meio ambiente. De acordo com a ABIVIDRO (Associação Técnica Brasileira das Industrias Automáticas de Vidro), além da vantagem do reaproveitamento de 100% do caco, a reciclagem permite poupar matérias-primas e energia, preservando a natureza. Essa características fazem do vidro um material único.

Questionando se os alunos sabiam sobre qual a aplicação do amálgama de prata, analisamos as respostas que estão apresentados na **Figura 16**.

Figura 16. Qual a aplicação do amálgama de prata?



Com base nas respostas dos alunos, pode-se observar que 90% obtiveram êxito assinalaram a opção correta. Podemos concluir que a maioria entendeu a aplicação do amálgama de prata, que de acordo com Chang e Goldsby (2013), o amálgama de prata é o material mais usado na odontologia moderna para a restauração dentária.

Na oficina para a construção dos sólidos, os alunos foram divididos em duplas, conforme apresentado na **Figura 17**, são eles: Fluoreto de cálcio – CaF_2 (**17a**), Nanotubo de

carbono (17b), vidro – SiO_2 (17c), cloreto de sódio - NaCl (17d), gelo – H_2O (17e) e grafite (17f).

Figura 17. Construção dos sólidos. Fluoreto de cálcio (a), Nanotubo de carbono (b), vidro (c), cloreto de sódio (d), gelo (e) e grafite (f) (FONTE: Própria do autor)



Durante a construção dos sólidos na sala de aula com os alunos da disciplina de Química Experimental para a Educação Básica, percebeu-se que houve interação entre os alunos e os monitores, observou-se maiores interações entre os colegas principalmente para construir e explicar as suas estruturas dos sólidos e suas aplicações no cotidiano. Analisando as estruturas dos sólidos construídos percebeu-se que os nanotubos de carbono apresentou os arranjos hexagonais de átomos de carbono ligados covalentemente, semelhante às folhas de grafite na **Figura 17(f)**, enroladas na forma de cilindros, podendo ser abertos e fechados com meio fullereno em cada extremidade. O diâmetro dos cilindros é tipicamente de 5 nm-15 nm **Figura 17(b)** (CANHAM e OVERTN, 2015). Para que pudesse ter o formato cilíndrico, os nanotubos ficaram apoiados em suporte garrafa pet (formato cilíndrico), devido os materiais que foram utilizados na sua construção, como a massa de modelar que é muito mole e os alunos construíram em escala maiores do que os tamanhos das estruturas. Observando o

sólido na **Figura 17(f)**, que corresponde a uma camada plana do grafite que é um sólido covalente em que os planos possui interações fracas entre eles.

O sólido construído na **Figura 17(c)**, correspondente a sílica, principal componente na formação dos vidros. A unidade básica da rede de sílica é o tetraedro silício-oxigênio, no qual um átomo de silício está ligado a quatro átomos de oxigênio. Os átomos de oxigênio se dispõem espacialmente, formando um tetraedro. Os tetraedros de sílica estão ligados pelos vértices, através do compartilhamento de um átomo de oxigênio, por dois átomos de silício. Todos os quatro átomos de oxigênio de um tetraedro podem ser compartilhados com quatro outros tetraedros formando uma rede tridimensional, A distância média entre átomos de silício em sílica vítrea (SiO_2) é cerca de 3,6 Å, e não há ordem entre estes átomos a distâncias superiores acerca de 10 Å (AKERMAN, 2000).

Para as moléculas do gelo, verificou-se um sólido molecular que são mantidas e unidas pelas ligações de hidrogênio a uma distância de 1,9 Å. O átomo de oxigênio está no centro e unido a dois átomos de H por duas ligações O-H curtas. Percebe-se que a estrutura consiste em planos hexagonais enrugados de moléculas de água (H_2O) semelhante a forma de cadeira do ciclohexano (ATKINS e JONES, 2012). Os alunos construíram o gelo percebe-se a formação dos planos hexagonais conforme a **Figura 17(e)**.

Com relação a estrutura do cloreto de sólido, **Figura 17(d)**, observou a estrutura do mineral do sal gema, cuja estrutura é um arranjo de empacotamento compacto cúbico (ecc) e o número de coordenação é 6, em que o cátion é rodeado por seis ânions, e cada ânion rodeado por seis cátions. A Estrutura do sal gema pode ser ainda descrita como uma estrutura cúbica de face centrada (CFC) (ATKINS e JONES 2012). Nesta estrutura as esferas verdes corresponde (cátions de sódio), enquanto a esferas de cor amarela (ânions cloreto). Conforme está na apresentada na **Figura 17 (d)**.

O Fluoreto de cálcio (CaF_2), na **Figura (a)** conhecido como pelo mineral fluorita, nesse sólido, o cálcio Ca^{2+} (100pm) é representado pela esferas de cor (marron), enquanto F^- (113pm) são as esferas de cor vermelha. Deste modo, íons Ca^{2+} encontram-se em uma arranjo empacotamento compacto cúbico (ecc) expandido e íons F^- ocupam todos os sítios tetraédricos. Os cátions encontram-se em um arranjo ECC e os íons de F^- são muito pequenos. Este sólido é do tipo cristalino, os ânions em seus sítios tetraédricos possuem quatro vizinhos. O sitio do cátion está rodeado por um arranjo cúbico de oito ânions (SHRIVER, 2008).

Com relação aos questionários (**ANEXO**), após a realização das oficinas para a construção dos sólidos, os alunos preencheram a **Tabela 6** com as seguintes informações:

Tabela 6. Informações dos sólidos construídos pelos alunos.

Grupos (Alunos)	Sólidos	Comprimento da ligação	Raios	Tipo de ligação
G1	Vidro	NR	NR	NR
G2	Cloreto de sódio (NaCl)	2,83 pm	Na – 186 pm Cl – 99 pm	Ligação iônica
G3	Nanotubo de carbono	(0,14 nm)	0,35-0,65 nm	Hibridização sp ² simples e duplas
G4	Fluoreto de cálcio (CaF ₂)	Ca-F (2,35 Å)	F – 42 pm Ca – 180 pm	Iônica

NR – Não responderam

De acordo com as respostas dos alunos expressos na **Tabela 6**, com algumas quanto as informações dos comprimentos da ligação, raios e o tipo de ligação que ocorre nos sólidos construídos. Percebeu-se que houve algumas contradições. O grupo *G3* respondeu que o tipo de ligação do nanotubo de carbono é dupla. As ligações C-C no nanotubo de carbono, são ligações simples, onde átomos de carbonos com hibridização sp² formam anéis hexagonais (ATKINS e PAULA 2012). Fazendo uma observação, o grupo *G2* só citou os raios atômicos, mas os raios iônicos de acordo com Atkins e Jones (2012), são: o íon sódio (Na⁺) tem um raio iônico de 102 pm e o raio do íon cloro (Cl) é 181 pm.

Em seguida, foi perguntado aos alunos (Q2 anexo) se a construção dos sólidos facilitou na sua aprendizagem. A maioria dos alunos afirmaram que sim, apenas uma dupla não respondeu. Então, selecionou-se algumas respostas dos grupos de alunos, que estão descritas abaixo:

A1: *Sim, uma atividade bastante interativa, faz que os alunos perceber a estrutura dos sólidos o que relevante para o aprendizado. Ou seja, nos ajudou a romper os aspectos abstratos do mundo atômico, porque apesar de sabermos que essas moléculas existem numa escala atômica, nunca se foi possível apalpá-los para ter noções de sua estrutura. Trabalhar esse modelo deixa mais próximos do mundo atômico e nos fez compreender a estrutura tridimensional dos nanotubos de carbono.*

A2: *A aprendizagem não é apenas meramente teórica, mas concreta onde o conteúdo é melhor assimilado*

A3: *Foi uma forma interessante de aprendemos.*

Logo, percebe-se que apesar de uma atividade simples e a oficina realmente faz com que os alunos construa os sólidos, de modo que coloque que em prática os conhecimentos adquiridos ao longo ciência da química. Fazendo que o alunos vejam a dimensões atômicas, a ligações que ocorre entre os átomos e os comprimentos da ligação.

Entretanto, ao utilizar o software DIAMOND para a visualização de alguns sólidos (Figura 18). Diamond é um excelente software de visualização de estrutura molecular e cristalina. Ele integra uma multiplicidade de funções, que superam o trabalho com dados de estrutura cristalina - em pesquisa e educação, bem como para publicações e apresentações. O Diamond não tira apenas retratos bonitos das estruturas molecular e de cristal como a maioria dos programas fazem. Ele oferece um extenso conjunto de funções que permitem modelar facilmente qualquer porção arbitrária de uma estrutura cristalina a partir de um conjunto básico de parâmetros estruturais (célula, grupo espacial, posições atômicas). Com sua alta capacidade de dados, sua ampla gama de funções, começando com a geração de moléculas que chegam até a construção de estruturas inorgânicas bastante complicadas, o *Diamond* é uma ferramenta abrangente tanto para os químicos de estado sólido e molecular quanto para os cientistas de superfície e materiais (CRYSTAL IMPACT).

Figura 18. Estruturas sólidas visualizadas pelo software Diamond. (a) Diamante; (b) Grafite; (c) Gelo; (d) Cloreto de sódio (FONTE: Própria do autor)



Com relação as respostas dos questionários depois de aplicada a sequencia didática na aula com abordagem CTSA, foi questionado sobre as aplicações dos vidros na sociedade. Todos os alunos comentaram de forma consciente, sendo que o vidro não é só aplicado na

sociedade, está relacionado também com a tecnologia e o meio ambiente por ser um material 100% reciclável. Selecionou-se algumas respostas abaixo:

A2: Os vidros são de fundamental importância para a sociedade pelas suas diversas utilidades, por estar muito presente em nossa civilização e poder ser moldado de qualquer maneira: nos para-brisas e janelas dos automóveis, lâmpadas, garrafas, compotas, garrações, frascos, recipientes, copos, janelas, lentes, tela de televisores e monitores, fibra ótica e etc.

A4: Os vidros são de extrema importância na sociedade. Estão presentes em muitas coisas que utilizamos ou vemos diariamente: embalagens, utensílios de cozinha e/ou decoração, construção civil, fibras de vidro, vidros técnicos, temperados, laminados e etc. É difícil imaginar uma sociedade sem os vidros.

Foi questionado também aos alunos, se o vídeo sobre vidros (**Figura 12**) ajudou na aprendizagem desse sólido amorfo. Todos responderam que é de extrema importância a utilização de recursos audiovisuais para a obtenção de uma aprendizagem significativa. O aluno A1 esclarece com a sua resposta: *O vídeo foi de extrema importância para a aprendizagem, pois mostra todos os passos de produção do vidro, bem como o que é feito em sua reciclagem. Recursos como este, facilitam o entendimento dos alunos, pois aguçam o interesse em ver e entender os processos do que se está sendo mostrado.* Em seguida a aluna A2 também afirma, *que o vídeo visto em aula sem dúvida grande contribuição sobre meu conhecimento sobre vidro e mim mostrou muito sobre ele. Entre os requisitos que foram mostrados estão a história, a fabricação as propriedades e composição entre outras.*

Figura 19. Apresentação do vídeo sobre vidros (FONTE: Própria do autor)



A **Figura 19**, apresenta os alunos assistindo ao vídeo *a química do fazer vidros*, após analisarmos as respostas dos questionários verificou-se que alunos foram unânimes em afirmar que os vídeos ajudaram na compreensão dos assuntos na produção dos vidros (**ver nos slides do Quadro 2**).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa revelou que a sequência didática com abordagem CTSA aplicada na disciplina de Química Experimental para Educação Básica mostrou a eficácia para uma aprendizagem significativa dos alunos. Além de fazer um diagnóstico dos conhecimentos dos alunos sobre sólidos, pode-se constatar que os recursos didáticos das oficinas e os vídeos sobre os sólidos com as abordagem CTSA foram meios de tornar aulas mais dinâmicas, e contextualizadas, tornando o aluno sujeito de sua aprendizagem.

Pode-se concluir que as aulas com abordagem CTSA favorecem a importância dos alunos conhecer os sólidos e suas aplicações no cotidiano. Não tornar o ensino de química apenas memorização de fórmulas e nem tão pouco decorar as nomenclaturas.

Com a relação à aprendizagem dos alunos verificou-se que todos os sólidos foram construídos, com êxito principalmente percebeu-se que os alunos gostaram dessas atividades de modo que foram envolvidos a construir, compreender as estruturas cristalinas dos sólidos e principalmente suas aplicações no contexto social, industrial e tecnológico.

Para o sólido nanotubo de carbono houve a necessidade de utilizar um suporte, visto que os materiais utilizados, foram as massas de molar que eram materiais muito moles, não ficando fixos. Para este sólido, observou-se os anéis hexagonais dos nanotubos de carbonos. Estes materiais sólidos tem grande importância na sociedade e na tecnologia são aplicados como dispositivos para armazenamento e conversão de energia, sensores, dispositivos semicondutores em escala nanométrica, e também no armazenamento de hidrogênio;

Portanto, percebeu que os sólidos que apresentam a estrutura do tipo hexagonal, como gelo e nanotubo de carbono houve a necessidade de suportes em quanto os sólidos cristalinos cloreto de sódio, fluoreto de cálcio, não houveram problemas na montagem.

Deste modo, os sólidos que foram estudados neste trabalho tem aplicações na saúde (amálgama), alimentação (cloreto de sódio e fluoreto de cálcio), indústria (aço, nanotubo de carbono, diamante e grafite) e o meio ambiente (reciclagem de vidros).

7 REFERÊNCIAS

ABIVIDRO (Associação Técnica Brasileira das Industrias Automáticas de Vidro). *Guia – Reciclagem do vidro 100% puro. 100% reciclável*. Disponível em: <http://www.abividro.org.br/noticias/guia-reciclagem-do-vidro-100-puro-100-reciclavel>. Acesso em: 08 de abril de 2017.

AKERMAN, M. *Natureza, Estrutura e Propriedades do Vidro*. CETEV, nov. 2000.

ALVES, O. L.; GIMENEZ, I. F.; MAZALI, I. O. *Vidros*. Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola, edição especial, p. 189-200, maio 2001.

ATKINS, P.; JONES, L. *Princípios de Química – questionando a vida moderna e o meio ambiente*. Trad. Técnica: Ricardo Bicca de Alencastro. Porto Alegre: Bookmam, 2012.

ATKINS, P.; PAULA, J. de. *Físico-Química: Fundamentos*. Trad. e Rev. Técnica: Edilson Clemente da Silva e Oswaldo Esteves Barcia. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

BARBOSA, M. B. M.; SILVA, T. P. da; CASTRO, S. L. de. *Relação CTSA em aulas de Química: Avaliação de uma proposta de ensino para o conteúdo de gases*. I Congresso Nacional de Educação (I CONEDU) – Campina Grande, PB, Brasil – 18 a 20 de setembro de 2014.

BORGES, C. de O., BORGES, A. P. A. SANTOS, D. G. dos, MARCIANO, E. da P., BRITO, L. C. da Costa, CARNEIRO, G. M. B., NUNE, S. M. T. *Vantagens da Utilização do Ensino CTSA Aplicado à Atividades Extraclasse*. XV Encontro Nacional de Ensino de Química (XV ENEQ) – Brasília, DF, Brasil – 21 a 24 de julho de 2010.

BRASIL. Ministério da Educação – MEC, Secretaria de Educação Média e Tecnológica – Semtec. *PCN + Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. Brasília: MEC/Semtec, 2002.

BROWN, T. L.; JR, H. E. L.; BURSTEN, B. E.; BURDGE, J. R.. *Química: a ciência central*. 9. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2002. 952 p.

BURROWS, A ... [et al.]; *Química: introdução a química inorgânica, orgânica e físico-química*. Trad. e Rev. Técnica: Edilson Clemente da Silva. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

CALLISTER, William D. Jr. *Ciência e engenharia de materiais: uma introdução*. Tradução: Sérgio Murilo Stamile Soares. 5ª edição. Rio de Janeiro: LTC, 2000.

CANTO, E. L. *Minerais, minérios, metais: De onde vêm? Para onde vão?* 2. ed. São Paulo: Moderna, 2004.

CARBÓ, H. M. *Aço inoxidáveis: aplicações e especificações*. ArceloMittal Inox Brasil. São Paulo, 2008.

COSTA, E. C.; SANTOS, J. C. O. *Uma Proposta para o Ensino de Química Através da Abordagem CTSA: Uma seqüência didática para a temática água*. 5º Encontro Regional de Química & 4º Encontro Nacional de Química. Blucher Chemistry Proceedings. v. 3, n. 1, nov. 2015.

CANHAM, G. R.; OVERTON, T. *Química inorgânica descritiva*. Tradução: Edilson Clemente da Silva et al. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2015.

CHANG, R.; GOLDSBY, K. A. *Química*. Porto Alegre: Editora Bookman, 11ª ed., 2013.

CRYSTAL IMPACT – DIAMOND. Disponível em: <http://www.crystalimpact.com/diamond/>. Acesso em: 28 de abril de 2017.

ELETROERO. Disponível em: <http://www.eletroero.com.br/pdf/a-grafita-historia.pdf>. Acesso em: 28 de março de 2017.

FOUREZ, G. *A construção das ciências: introdução à filosofia e à ética das ciências*. São Paulo: Editora da Universidade Estadual Paulista, 1995.

HERBST, M. H.; MACÊDO, M. I. F.; ROCCO, A. M. *A Tecnologia dos nanotubos de carbono: tendências e perspectivas de uma área multidisciplinar*. Química Nova, v. 27, n. 6, p. 986-992, 2004.

JESUS, L. F. de; MARINHA, M. S.; MOREIRA, F. R. *Amálgama dentário: fonte de contaminação por mercúrio para a Odontologia e para o meio ambiente*. Cad. Saúde Colet. Rio de Janeiro, 2010, 18 (4): p. 509-515.

JUNQUEIRA, J. S. S.; SILVA, P. P.; GUERRA, W. *Ouro*. Química Nova na Escola, v. 34, n. 1, fev. 2012, p. 45-46.

KLEIN, C.; DUTROW, B. *Manual de ciências do minerais*. Tradução e Revisão Técnica: Rualdo Menega. 23. Ed. Porto Alegre: Bookman, 2012.

LEE, John David. *Química Inorgânica não tão concisa*. 1ª edição. São Paulo: Edgard Blucher, 2003.

LOPES, R. E. C. *Protetor Solar: Uma proposta de abordagem temática para o ensino médio*. Trabalho de Conclusão de Curso. Brasília, 2012.

NANOTECNOLOGIA HOJE. Disponível em: <http://nanohoje.blogspot.com.br/2012/04/elevadores-espaciais-feitos-de.html>. Acesso em: 14 de março de 2017.

NUNES, A. O. *Abordando as relações CTSA no Ensino de Química a partir da crença e atitudes de licenciandos: Uma experiência formativa no sertão nordestino*. Dissertação (Mestrado). Natal: UFRN, 2010.

NUNES, A. O.; DANTAS, J. M.; OLIVEIRA, Ó. A. de; HUSSEIN, F. R. G. e S. *Ácidos e bases: discutindo os conceitos dentro das relações ciência-tecnologia-sociedade*. Série Ensino de Química. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2015.

OLIVEIRA, R. G. *Produção e reciclagem de aços inoxidáveis*. DEMM-POLI/UFRJ, ENGENHARIA METALÚRGICA. Rio de Janeiro, 2009.

PINHEIRO, N. A. M.; SILVEIRA, R. M. C. F.; BAZZO, W. A. *Ciência, Tecnologia e Sociedade: a Relevância do Enfoque CTS para o Contexto do Ensino Médio - Science, Technology and Society: the importance of the STS view to high school context*. *Ciência & Educação*, v. 13, n. 1, p. 71-84, 2007.

RUSSEL, John B. *Química Geral*. Trad. e Rev. Técnica: Márcia Guekezian et al. 2ª ed., vol. 1. São Paulo: Pearson Makron Books, 1994.

SANTOS, W. L. P. dos. *Contextualização no ensino de ciências por meio de temas CTS em uma perspectiva crítica*. *Ciência & Ensino*, v. 1, n. especial, p. 1-12, nov. 2007.

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. *Tomada de Decisão para Ação Social Responsável no Ensino de Ciências*. *Ciência & Educação*, v. 7, n. 1, p. 95-111, 2001.

SANTOS, W. L. P. dos; MORTIMER, E. F., *Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência – Tecnologia – Sociedade) no contexto da educação brasileira*. *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 2, n. 2, p. 1-23, dez. 2002.

SANTOS, W. L. P.; MÓL, G. S.; SILVA, R. R.; CASTRO, E. N. F.; SILVA, G. S.; MATSUNAGA, R. T.; SANTOS, S. M. O.; DIB, S. M. F. *Química e sociedade: um projeto brasileiro para o ensino de química por meio de temas CTS*. *Educación Química*, n. 3, p. 20-28, 2009.

SANTOS, W. L. P. dos; SCHNETZLER, R. P. *Educação em química: compromisso com a cidadania*. Ijuí: UNIJUÍ, 1997.

SHACKELFORD, J. F. *Ciência dos materiais*. Tradução: Daniel Vieira. 6. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008.

SHRIVER, Duward F ... [et al.]; *Química inorgânica*. Tradução: Roberto de Barros Faria. 4. ed. Porto Alegre: Bookmam, 2008.

SILVA, J. L. *A Utilização de Vídeos Didáticos nas Aulas de Química do Ensino Médio para Abordagem Histórica e Contextualizada do Tema Vidros*. *Química Nova na Escola*, v. 34, n. 4, p. 189-200, nov. 2012.

SILVA, R. R. da; FERREIRA, G. A. L.; BAPTISTA, J. de A.; DINIZ, F. V. *A química e a conservação dos dentes*. *Química Nova na Escola*, n. 13, p. 3-8, maio 2001.

ANEXO

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE FORMAÇÃO DE PROFESSORES
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA
LICENCIATURA EM QUÍMICA

COMPONENTE CURRICULAR: Trabalho de Conclusão de Curso

ORIENTADORA: Prof^a. Ms. Geovana do Socorro Vasconcelos Martins

GRADUANDO: John Kennedy de Sá Milfont

TÍTULO DO PROJETO: O Uso de Sólidos no Ensino de Química com enfoque CTSA

DATA: ____/____/____

QUESTIONÁRIO PRÉVIO (Investigação do conhecimento dos alunos sobre sólidos)

1. Sabemos que os sólidos são materiais que encontramos no nosso dia a dia, que são utilizados na indústria, arquitetura, engenharia e em diversas tecnologias modernas, como você diferencia a estrutura dos sólidos, líquidos e gasosos?

2. Dê exemplos de sólidos que estão presentes no seu cotidiano, que foram estudados nas aulas de Química Geral

3. Porque a grafite é capaz de conduzir a corrente elétrica melhor que o diamante?

4. A história do vidro teve início com os povos:

- a) () Egípcios.
b) () Gregos.
c) () Romanos.
d) () Fenícios.

5. Você conhece as estruturas de sólidos amorfos como o vidro, sabe-se que este material é muito importante e que existem vários tipos de vidros. Marque a alternativa que representa esses tipos:

- a) () Autolimpantes, Refratários, Fotossensíveis, Temperados, Pyrex, vidro Flint.
- b) () Temperados, Pyrex, Fotossensíveis, Refratário.
- c) () Fotossensíveis, vidro Flint, Pyrex, Autolimpantes.
- d) () Pyrex, vidro Flint, Temperados, Autolimpantes.

6. Cite as principais matérias-primas para fabricação de um vidro comum?

- a) () Gesso, Ferro e Soda cáustica (NaOH).
- b) () Areia, Água e Soda cáustica (NaOH).
- c) () Cal $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$, Areia (SiO_2) e Barrilha (Na_2SO_3).
- d) () Gesso, Ferro e Óxido de chumbo.

7. Qual a importância da reciclagem dos vidros?

- a) () Menor consumo de energia na fabricação de novos vidros.
- b) () Diminuição da emissão de CO_2 na atmosfera.
- c) () Menor quantidade de matéria-prima na fabricação.
- d) () Todas as alternativas estão corretas.

8. O amálgama de prata é uma liga metálica composta por mercúrio e prata. Praticamente todos os metais formam amálgamas com mercúrio, com exceções da platina e do ferro. Qual a aplicação do amálgama de prata?

- a) Mineração do ouro
- b) Restaurações dentárias
- c) Lâmpadas de vapor de sódio
- d) Superfície refletora de espelhos

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE FORMAÇÃO DE PROFESSORES
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA
LICENCIATURA EM QUÍMICA

COMPONENTE CURRICULAR: Trabalho de Conclusão de Curso

ORIENTADORA: Prof^a. Ms. Geovana do Socorro Vasconcelos Martins

GRADUANDO: John Kennedy de Sá Milfont

TÍTULO DO TCC: O Uso de Sólidos no Ensino de Química com enfoque CTSA

DATA: ____/____/____

QUESTIONÁRIO (Oficina – Construção dos Sólidos)

1. Complete as informações do sólido na tabela abaixo:

Sólido	Comprimento da ligação	Raio(s)	Tipo de ligação

2. Como a construção dos sólidos facilitou sua aprendizagem?

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE FORMAÇÃO DE PROFESSORES
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA
LICENCIATURA EM QUÍMICA

COMPONENTE CURRICULAR: Trabalho de Conclusão de Curso

ORIENTADORA: Prof^a. Ms. Geovana do Socorro Vasconcelos Martins

GRADUANDO: John Kennedy de Sá Milfont

TÍTULO DO TCC: O Uso de Sólidos no Ensino de Química com enfoque CTSA

DATA: ____/____/____

QUESTIONÁRIO (Avaliação da Aprendizagem dos alunos – após a Sequencia Didática)

1. Comente sobre as aplicações dos vidros na sociedade?

2. O vídeo sobre vidros ajudou na aprendizagem desse sólido amorfo?
