

Universidade Federal do Rio de Janeiro  
Instituto de Química - Licenciatura em Química

COMPETIÇÃO DE CRESCIMENTO DE CRISTAIS: uma alternativa ao desenvolvimento cognitivo no aprendizado de Química no Ensino Médio

**Roberto Pinto Cucinelli Neto**

Rio de Janeiro

2013

COMPETIÇÃO DE CRESCIMENTO DE CRISTAIS: uma alternativa ao desenvolvimento cognitivo no aprendizado de Química no Ensino Médio

**Roberto Pinto Cucinelli Neto**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de licenciado em Química.

Orientador: Ricardo Cunha Michel

Rio de Janeiro

2013

À minha família que me preparou para chegar até aqui e está sempre ao meu lado;  
Ao grande amigo Leonardo Augusto Moreira pelo incentivo e companheirismo.

## **Agradecimentos**

Ao Professor, Orientador Ricardo Cunha Michel por incentivar e acompanhar toda esta pesquisa, com a paciência e a atenção característica, diante das minhas dificuldades.

Ao Professor e Coordenador do Curso de Licenciatura em Química, Joaquim Fernando Mendes da Silva pela confiança depositada na conclusão deste Projeto Final.

À Professora, Amiga e Chefe, Maria Inês Bruno Tavares, do Instituto de Macromoléculas, que nunca mediu esforços em me ajudar, permitindo minha liberação em alguns horários de trabalho para me dedicar a esta Monografia.

Aos funcionários da Secretária do Instituto de Química, em especial à Tia Sônia e ao Marcelo pelo compromisso, responsabilidade e dedicação apresentados.

## RESUMO

Entre os diversos desafios encontrados no processo de mediação didática em Química em turmas do Ensino Médio se encontra a assimilação e interiorização dos conceitos expostos na teoria através de suas aplicações práticas no cotidiano. A partir de um trabalho realizado por escolas no Canadá há alguns anos, o Campeonato de Crescimento de Cristais visa, de maneira prática e lúdica, o desenvolvimento da capacidade de aplicação da teoria e a liberdade para a experimentação aos alunos na cristalização de sais inorgânicos. Será elaborada uma metodologia voltada para o Ensino Médio das escolas brasileiras, com regras bem definidas para sua realização, tais como: tempo, composto utilizado, técnicas experimentais e parâmetros de avaliação (geometria, perfeição das faces e transparência) baseada no campeonato canadense, além das consequências que um projeto com estas características podem implicar na formação do aluno e também como uma ferramenta adicional para as escolas aperfeiçoarem as aulas de Química.

Palavras-chave: Cristal; Campeonato; Cristalização; Química; Ensino.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>8</b>
<b>2 OBJETIVO</b>	<b>12</b>
<b>3 JUSTIFICATIVA</b>	<b>13</b>
3.1 POR QUE UM CAMPEONATO?	13
3.2 BREVE HISTÓRICO DOS JOGOS PARA O ENSINO	16
3.3 JOGOS GERAIS X JOGOS EDUCATIVOS X JOGOS DIDÁTICOS	19
3.4 BENEFÍCIOS E RESPONSABILIDADES	20
3.5 JOGOS COOPERATIVOS X JOGOS COMPETITIVOS	21
3.6 PARÂMETROS CURRICULARES NACIONAIS E OS JOGOS DIDÁTICOS	23
3.7 EXPERIÊNCIAS BEM-SUCEDIDAS	27
<b>4. METODOLOGIA</b>	<b>30</b>
<b>5 PROPOSTAS</b>	<b>31</b>
5.1 COMPETIDORES	32
5.2 ORGANIZAÇÃO DOS COMPETIDORES	32
5.3 COORDENADORES	33
5.4 AVALIADORES	33
5.5 QUESITOS AVALIADOS	34
5.5.1 <b>Conjunto</b>	34
5.5.2 <b>Geometria</b>	35
5.6 CRISTAIS DOS PROFESSORES	36
5.7 DURAÇÃO DO CAMPEONATO	37
5.8 O QUE É UM CRISTAL?	37
5.8.1 <b>Estruturas dos Sólidos</b>	37
5.9 SAIS INDICADOS E ONDE ENCONTRÁ-LOS	40

5.10 COMO CRESCER UM CRISTAL	44
5.10.1 <b>Crescimento do cristal inicial</b>	45
5.10.1.1 Materiais	45
5.10.1.2 Informações importantes a conhecer	46
5.10.1.3 Procedimentos	46
5.10.2 <b>Obtendo um Cristal Grande e Bem Formado</b>	47
5.10.2.1 Materiais	47
5.10.2.2 Informações Importantes a Conhecer	48
5.10.2.3 Procedimentos	48
5.10.3 <b>Preparando uma solução supersaturada</b>	50
5.10.3.1 Método 1	50
5.10.3.2 Método 2	50
5.10.4 <b>Conselhos Importantes</b>	51
5.11 RELATÓRIO FINAL	52
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	54
<b>REFERÊNCIAS</b>	56

## 1 INTRODUÇÃO

Entre os diversos desafios encontrados no processo de mediação didática em Química em turmas do Ensino Médio, provavelmente um dos mais debatidos e exaustivamente estudados pelos profissionais da área pedagógica seja a assimilação e compreensão dos conceitos expostos na teoria, através de suas aplicações práticas no cotidiano.

Nas últimas décadas, principalmente após a criação do Encontro Nacional de Ensino de Química (ENEQ), o modelo adotado nas aulas de Química, assim como os novos rumos a serem tomados na preparação do futuro profissional, começaram a ser amplamente discutidos. O rápido avanço da tecnologia e o desenvolvimento exponencial da indústria no final do século passado levariam as áreas da educação a dinamizar a formação das próximas gerações de mão de obra, e com a Química não seria diferente.

Atrelado às grandes mudanças, o mercado de trabalho se expandiu e passou a exigir profissionais em áreas específicas, fragmentando a Química em múltiplos setores. Conseqüentemente, a educação no Ensino Médio precisou se ajustar às tendências, visando suprir ao máximo as novas necessidades e, simultaneamente, especificar o conteúdo ensinado, voltado também para conceitos que o aluno precisaria ao ingressar na vida profissional.

Desde então, novas alternativas para maior compreensão dos fundamentos da Química começaram a ser discutidas, uma vez que o modelo vigente não superava a dificuldade dos alunos em efetivamente entender um programa curricular demasiadamente abstrato e, principalmente, em visualizar um propósito para tantos conceitos exibidos de forma puramente conceitual.

A introdução de aulas experimentais realizadas em laboratórios talvez tenha sido o primeiro grande passo na desconstrução de um modelo engessado por muitas décadas. O privilégio dos alunos em poder exercitar na prática e entender a razão das definições e equações, antes instintivamente decoradas, acontecerem diante de seus olhos mudaria radicalmente o ensino da Química, instigando a curiosidade e a



crítica outrora inexistentes e encorajando um número cada vez maior de jovens talentos a se especializarem no mundo da ciência e da tecnologia.

Entretanto, novas alternativas foram necessárias com o passar do tempo. Apesar das práticas laboratoriais serem fundamentais para a assimilação da teoria apresentada em sala de aula, a complexidade de uma disciplina que, a todo instante, se define por modelos teóricos baseados em exaustivas repetições empíricas, algumas não totalmente satisfatórias, exige uma constante criatividade e capacidade de reinvenção dos professores. Além de carecer de estrutura e investimento, que infelizmente a maioria das instituições de ensino do país não possui, os laboratórios geralmente não conseguem desenvolver nos alunos o desejo em aprender mais, a autocrítica, cada vez mais necessários em um mercado de trabalho extremamente exigente.

Naturalmente surgiram alternativas com o objetivo de complementar o sistema vigente, como a inserção da informática e de jogos didáticos em sala de aula, ou até mesmo recriá-lo, baseado em uma visão totalmente nova acerca dos jovens, como a Escola da Ponte.

Embora a informática esteja largamente difundida em todas as classes da sociedade, curiosamente não se faz presente ou não é explorada em toda sua potencialidade nas escolas, particularmente nas públicas. Não há dúvidas de que a falta de incentivo do governo é o principal fator, mas mesmo as instituições que desfrutam de melhores condições não conseguem extrair todas as vantagens e facilidades que a internet pode oferecer, através da pesquisa e acesso a informação.

Os jogos didáticos, cada vez mais discutidos e frequentes, ainda encontram grande resistência por parte de alguns professores e direções de ensino, que ainda parecem conservados e encerrados no formato meramente expositivo que os fez docentes, padecendo de uma visão mais ampla e flexível.

Considerada inovadora, e por muitos, bastante radical, a Escola da Ponte, localizada em Porto, Portugal, busca desconstruir os conceitos de escola e ensino aplicados mundialmente, com uma temática direcionada para a consciência do próprio aluno em se desenvolver e sentir-se parte fundamental em seu próprio aprendizado. Segundo o trecho extraído do sítio oficial:

A Escola Básica da Ponte é uma escola com práticas educativas que se afastam do modelo tradicional. Está organizada segundo uma lógica de projeto e de equipa, estruturando-se a partir das interações entre os seus membros. A sua estrutura organizativa, desde o espaço, ao tempo e ao modo de aprender exige uma maior participação dos alunos tendo como intencionalidade a participação efetiva destes em conjunto com os orientadores educativos, no planeamento das atividades, na sua aprendizagem e na avaliação.

Não existem salas de aula, no sentido tradicional, mas sim espaços de trabalho, onde são disponibilizados diversos recursos, como: livros, dicionários, gramáticas, internet, vídeos... ou seja, várias fontes de conhecimento.

Este projeto, assente em valores como a Solidariedade e a Democraticidade, orienta-se por vários princípios que levaram à criação de uma grande diversidade de dispositivos pedagógicos que, no seu conjunto, comportam uma dinâmica de trabalho e promovem uma autonomia responsável e solidária, exercitando permanentemente o uso da palavra como instrumento autônomo da cidadania. (ESCOLA DA PONTE, 2013)

Mesmo obtendo sucesso com sua estratégia pedagógica distinta, a Escola da Ponte ainda não conseguiu incentivar outras instituições a seguir este modelo. Talvez por questões socioculturais, investimento econômico ou simplesmente por insegurança por parte dos órgãos responsáveis em apostar em uma mudança tão abrupta e não estarem prontos para o impacto na readaptação, tanto dos alunos, quanto dos professores. Possivelmente a Escola da Ponte só tenha obtido sucesso por ser um projeto pequeno e pontual, situado em um país economicamente desenvolvido, sendo mais fácil programar tais regras.

Desta forma, diante das dificuldades para um ensino de qualidade no Brasil, tem-se buscado soluções criativas e eficazes, mas que ao mesmo tempo sejam de fácil implantação, com o objetivo de oxigenar o aprendizado de Química no Ensino Médio.

Há aproximadamente dez anos, uma Competição de Crescimento de Cristais (*Crystal Growing Competition*) foi organizada pelo *The Chemical Institute of Canada* (THE CHEMICAL INSTITUTE OF CANADA, 2013). O objetivo é aplicar os conceitos abordados em Química Geral e Inorgânica, além das técnicas laboratoriais, e escolher o melhor cristal de um determinado composto obtido em um campeonato entre alunos de várias escolas, baseado em um conjunto de parâmetros. Atualmente outros países desenvolvem o mesmo campeonato, com suas respectivas regras, entre eles: Austrália (THE ROYAL AUSTRALIAN CHEMICAL INSTITUTE INCORPORATED, 2013), Bélgica (NATIONAL COMMITTEE FOR

CRYSTALLOGRAPHY, 2013), Inglaterra (MRC LABORATORY OF MOLECULAR BIOLOGY, 2013) e Singapura (NATIONAL UNIVERSITY OF SINGAPORE, 2013).

Baseado no mesmo princípio, acredita-se portanto que esta ideia possa ser adaptada para o Ensino Médio e aplicada nas escolas brasileiras, com base nas regulamentações do Programa Curricular Nacional para o Ensino Médio (PCNEM e PCN+).

## 2 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é elaborar uma proposta de implantação da Competição de Crescimento de Cristais voltada para o Ensino Médio das escolas brasileiras, com regras bem definidas de tempo, composto utilizado, técnicas síntese, rendimento e parâmetros de avaliação do cristal (geometria, perfeição das faces e transparência), bem como as descrições necessárias no relatório a ser entregue pelos alunos. Será escolhido como referência inicial o campeonato canadense, e, a partir de então, realizadas as devidas adaptações.

Serão ainda discutidas as consequências de um projeto com estas características sobre a formação do aluno, no que tange o ambiente competitivo, a liberdade para experimentar e arriscar novas soluções em busca do melhor cristal, além da influência e inserção dos professores nesse contexto.

### 3 JUSTIFICATIVA

#### 3.1 POR QUE UM CAMPEONATO?

A procura por novas metodologias e atividades escolares, que visam dinamizar o aprendizado e aumentar o interesse e a curiosidade dos alunos pela Química, apresentou um rápido crescimento nos últimos anos, tendo em vista o grande número de publicações de artigos, dissertações e teses.

Jogos de cartas, tabuleiro, peças e quebra-cabeça são exemplos de jogos didáticos simples, mas que podem auxiliar o professor na mediação dos conceitos apresentados nos livros e, simultaneamente, entreter os alunos com o clima de diversão e espontaneidade que estas ferramentas podem oferecer.

Para Cunha (2012) a ideia do ensino despertado pelo interesse do estudante passou a ser um desafio à competência do docente. O interesse daquele que aprende passou a ser a força motora do processo de aprendizagem, e o professor, o gerador de situações estimuladoras para aprendizagem. Ainda segundo a autora, o número de trabalhos sobre jogos e lúdico tem aumentado ano após ano, mas o que se observa, em muitos trabalhos, é que seus autores têm apresentado propostas de atividades com jogos para sala de aula, mas há pouco aprofundamento teórico a respeito do tema.

O Campeonato de Crescimento de Cristais apresenta-se como um jogo / evento didático, tendo como uma das características diminuir ainda mais a distância que existe entre a teoria e o aprofundamento didático o qual os jogos frequentemente empregados possam apresentar. Trata-se de um torneio que pode facilmente transcender os limites físicos de uma sala de aula, reunindo classes e até escolas diferentes, onde os requisitos principais são os sais inorgânicos e as práticas laboratoriais, ou seja, algo mais próximo da teoria e das aulas experimentais.

Para Teixeira (2000) a cristalização ainda é entendida por muitos como uma arte, embora ninguém duvide que haja uma forte componente científica nela. Há

grande relutância em fazer uma abordagem da técnica de forma independente e dissociada do produto a cristalizar. Este estado de coisas é semelhante ao que existia há décadas em relação à destilação: o tratamento científico sobrepôs-se à arte, quando se reconheceu que o fator chave que unia os métodos de destilação residia no estudo das propriedades físicas dos sistemas em equilíbrio.

Embora não se possa negar que a obtenção de cristais bem formados e as incessantes tentativas pela geometria “perfeita” estão rodeadas por um clima de arte e perfeccionismo, este campeonato não tem por meta a diversão pura e simples. Este ambiente de lazer é aproveitado como suporte, mantendo o público-alvo, composto por alunos e professores, concentrados em aprender, comutar experiências e aperfeiçoar suas técnicas.

Portanto, trata-se de uma atividade que utiliza a Química diretamente, mas sem a pressão de notas que possam reprovar o aluno ou o clima de tensão que geralmente se faz presente nos laboratórios, onde os estudantes precisam seguir procedimentos rígidos e obter os resultados esperados para serem bem avaliados.

Finalmente o Campeonato de Crescimento de Cristais pode ainda deixar nos participantes a importância que os cristais representam para a indústria e a pesquisa (Figura 1).

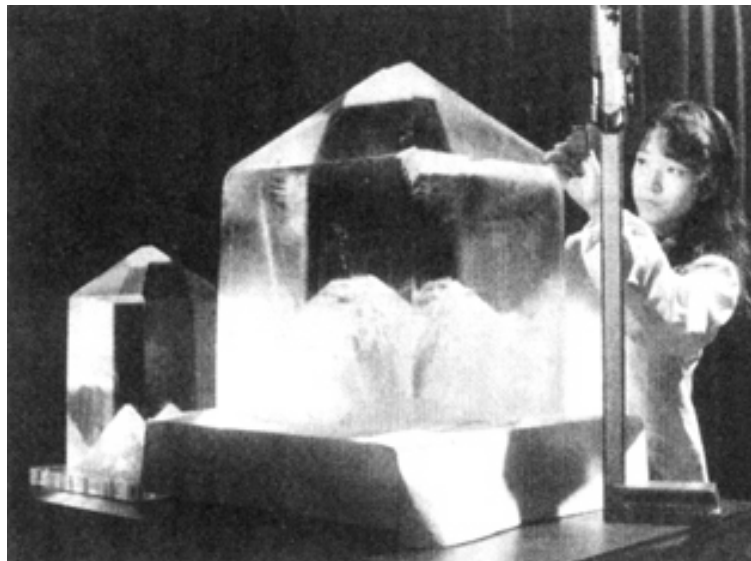


Figura 1. A utilização de cristais é uma prática antiga na indústria. Na foto, a produção industrial de monocristais de dihidrogenofosfato de potássio  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  (KDP) para duplicação de frequência e padrão em óptica não linear (Fonte: TEIXEIRA, 2000).

A cristalização engloba inúmeros métodos físico-químicos, sendo uma das mais antigas operações unitárias de purificação de substâncias (MULLIN, 1993). Teixeira (2000) aponta algumas aplicações dos cristais na indústria Química e áreas afins:

- Cristalização industrial, produção de substâncias químicas em grande escala: cristais de pequena dimensão (cloreto de sódio, ureia, açúcar, zeólitas), monocristais de elementos (Si) e de compostos (óxido de zircônio);
- Determinações da estrutura molecular de cristais, por métodos de difração de raios-X, associadas à síntese Química para a identificação de substâncias;
- Técnica laboratorial clássica de purificação e caracterização de pureza (química fina, pigmentos, produtos naturais);
- Separação de misturas racêmicas, determinações de configurações absolutas de moléculas;
- Cristalização de macromoléculas, proteínas e polímeros;
- Medida rigorosa de propriedades espectroscópicas e físicas em cristais;
- Biocristalização ou biomineralização em medicina e biologia: crescimento de cristais ou alterações de hábito e da estrutura de materiais em presença de substratos de origem biológica tais como: conchas de moluscos, proteínas, moléculas de origem biológica, entre outros;
- Síntese de moléculas com topologia específica para a inserção em catalisadores de zeólitas;
- Crescimento de cristais em condições de microgravidade: experiências no espaço de crescimento de cristais perfeitos de proteínas, polímeros e ligas metálicas;
- Nucleação heterogênea: crescimento de cristais de proteínas estimulado pela superfície de minerais, com ou sem alteração de hábitos e sistemas de cristalização;

- Melhorias na eficácia de medicamentos em farmacologia. Estudos da estrutura de vírus e microrganismos;
- Estudo de materiais cerâmicos e compósitos.

### 3.2 BREVE HISTÓRICO DOS JOGOS PARA O ENSINO

A utilização de jogos para melhor assimilação da teoria é bem mais antigo que o próprio modelo de ensino escolar, estando sempre presente na vida das pessoas, seja por diversão, disputa ou meios de aprendizagem, sendo, portanto, uma atividade inerente ao ser humano.

Platão (427-348 a.C.) já apontava para a importância do “aprender brincando” e seu discípulo, Aristóteles, sugeria que a educação das crianças deveria ocorrer a partir de jogos que simulassem as atividades dos adultos. Essa era uma prática comum em Roma, onde futuros cidadãos e soldados eram alfabetizados com biscoitos e guloseimas em forma de letras (KISHIMOTO, 1996). Egípcios e maias também recorreram aos jogos para a fundamentação das normas, valores e padrões de vida social entre os jovens.

Após a Idade Média, período no qual a Igreja reprimiu os jogos em detrimento de um modelo disciplinador e rígido, as atividades competitivas voltaram a ter seu valor reconhecido para a educação no Renascimento, sendo o século XVI considerado o nascimento dos jogos educativos, sendo implantado em várias escolas jesuíticas.

No século XVII, Froebel propôs os jogos como mediadores no processo de autoconhecimento e para o exercício da liberdade de expressão, por meio da interiorização e exteriorização da essência divina presente em todas as crianças, ressaltando a importância do “agir pensando e pensar agindo” e “aprender fazendo” (ARCE, 2001).

A prática dos jogos partir de então se torna cada vez mais comum e, no século XVIII, já era empregada no ensino de ciências, primeiramente para nobres e



aristocratas e logo em seguida, se popularizando entre todas as classes sociais. Jogos do tipo trilha e também os de tabuleiro ensinavam os importantes fatos históricos na educação popular. Pestalozzi (1726-1847) defendeu os jogos como uma ferramenta decisiva e enriquecedora do senso de responsabilidade e desenvolvimento do espírito de cooperação entre os jovens, sendo a escola a verdadeira sociedade onde, para se educarem, as crianças precisam trabalhar esses aspectos.

Após a Revolução Francesa, já no século XIX, as atividades competitivas passaram a integrar as aulas de matemática e física com o surgimento de muitas inovações pedagógicas e a introdução de bolas, cilindros e cubos no meio educacional.

Finalmente, a partir do século XX, os jogos educativos passam a receber uma maior atenção, com discussões mais aprofundadas sobre o seu papel na formação dos alunos e uma maior responsabilidade por parte dos professores. Até então eles eram aplicados de forma bastante liberal e sem muita regulamentação, como propunha Froebel (Cunha, 2012).

Jean Piaget (1896-1980) destacou-se no estudo da importância dos jogos na educação de crianças e jovens através de várias obras, fatos e experiências lúdicas. Para ele, estas atividades contribuem para o desenvolvimento intelectual das crianças, tornando-se mais significativos quanto maior for o grau de amadurecimento dos jovens. Em sua concepção, os jogos educativos não são capazes de criar conceitos, mas cumprem uma importante função no desenvolvimento intelectual facilitando o aprendizado conceitual.

Para Piaget (1975), a atividade lúdica humana contribui para o desenvolvimento porque propicia a descontração do indivíduo, a aquisição de regras, a expressão do imaginário e a apropriação do conhecimento. Cada ato de inteligência é definido pelo equilíbrio entre duas tendências: assimilação e acomodação.

Na assimilação, o sujeito incorpora eventos, objetos ou situações dentro de formas de pensamento, que constituem as estruturas mentais organizadas.

Na acomodação, as estruturas mentais existentes reorganizam-se para incorporar novos aspectos do ambiente externo.

Durante as atividades lúdicas, o sujeito adapta-se às exigências do ambiente externo enquanto mantém sua estrutura mental intacta. Para o autor, o que distingue a atividade lúdica da não lúdica é uma variação de grau nas relações de equilíbrio entre o eu e o real, ou seja, entre a assimilação e a acomodação.

Cabe destacar que a obra de Piaget não é considerada como um método pedagógico, nem tampouco como uma teoria de aprendizagem, mas apresenta aspectos que podem nortear uma prática pedagógica na busca da aprendizagem pela experiência do sujeito e do objeto, num processo de transmissão e maturação de concepções científicas, contribuindo para o processo de ensino e aprendizagem em ciência (DOMINGOS; RECENA, 2010).

Outro estudioso do processo educativo, Vygotsky (1896-1934), afirmava que os jogos:

- Estimulam a curiosidade, a iniciativa e a autoconfiança;
- Aprimoram o desenvolvimento de habilidades linguísticas, mentais e de concentração e;
- Exercitam interações sociais e trabalho em equipe (BARROS *et al.*, 2009).

Para Vigotsky (1991), também é importante a interdependência dos sujeitos durante o jogo, pois jogar é um processo social, onde o professor-mediador desempenha o papel fundamental de promover a discussão entre e com os aprendizes que interagem uns com os outros, trocando informações, experiências e construindo determinado conhecimento. Dá-se, então, o processo cooperativo de aprendizagem, tendo este mediador o poder de atuar na Zona de Desenvolvimento Proximal do aluno, já que aquilo que o aluno consegue fazer com a ajuda do outro seria muito mais indicativo do seu desenvolvimento mental do que o que faz sozinho.

Zona de Desenvolvimento Proximal é distância entre o nível de desenvolvimento real, determinado pela capacidade de resolver um problema sem ajuda, e o nível de desenvolvimento potencial, determinado através de resolução de um problema sob a orientação de um adulto ou em colaboração com outro

companheiro. Quer dizer, é a série de informações que a pessoa tem a potencialidade de aprender, mas ainda não completou o processo, conhecimentos fora de seu alcance atual, mas potencialmente atingíveis.

### 3.3 JOGOS GERAIS X JOGOS EDUCATIVOS X JOGOS DIDÁTICOS

Geralmente os termos “jogos didáticos”, “jogos educativos” ou simplesmente jogos em geral acabam por se confundir e considerados sinônimos em discussões acerca das atividades cooperativas e/ou competitivas nas escolas. Entretanto é necessário definir e determinar os limites de cada um deles, situando o Campeonato de Crescimento de Cristais entre estas práticas alternativas que podem ser realizadas para a melhor mediação didática.

Os jogos em seu aspecto mais geral, que pode ser praticado dentro e fora das escolas e sem um papel educativo é definido como “[...] o resultado de interações linguísticas diversas em termos de características e ações lúdicas, ou seja, atividades lúdicas que implicam no prazer, no divertimento, na liberdade e na voluntariedade, que contenham um sistema de regras claras e explícitas e que tenham um lugar delimitado onde possa agir: um espaço ou um brinquedo” (SOARES, 2008).

Os jogos educativos envolvem ações ativas e dinâmicas, permitindo amplas ações na esfera corporal, cognitiva, afetiva e social do estudante, ações essas orientadas pelo professor, podendo ocorrer em diversos locais. Um jogo pode ser considerado educativo quando mantém um equilíbrio entre duas funções: a lúdica e a educativa. A lúdica está relacionada ao caráter de diversão e prazer que um jogo propicia. A educativa se refere à apreensão de conhecimentos, habilidade e saberes (KISHIMOTO, 1996).

Entretanto, os jogos didáticos estão diretamente relacionados ao ensino de conceitos e/ou conteúdos, organizado com regras e atividades programadas e que mantém um equilíbrio entre a função lúdica e a função educativa do jogo, sendo, em geral, realizado na sala de aula ou no laboratório. Ou seja, um jogo didático é

educativo, pois envolve ações lúdicas, cognitivas e sociais, mas nem sempre um jogo que é educativo pode ser considerado um jogo didático, embora ambos sejam muito importantes (CUNHA, 2012).

Portanto o Campeonato de Crescimento de Cristais pode ser classificado como um jogo didático, embora seja mais que um jogo. É um evento que não possui limites físicos ou de tempo, podendo se estender para fora da sala de aula, integrando diversas turmas em diferentes anos do Ensino Médio de uma ou mais escolas, pelo prazo que os organizadores julgarem necessário.

### 3.4 BENEFÍCIOS E RESPONSABILIDADES

O Campeonato de Crescimento de Cristais pode, visto como um jogo didático, trazer bons resultados não apenas na formação do aluno, mas no desenvolvimento e amadurecimento dos professores, que são elos de extrema importância entre o conhecimento e os jovens, indispensáveis na organização e condução deste jogo, que podem se inserir em seu planejamento didático para:

- Apresentar um conteúdo programado;
- Demonstrar aspectos relevantes de conteúdo;
- Avaliar o aprendizado de partes da disciplina já apresentados;
- Revisar ou sintetizar pontos importantes do conteúdo;
- Destacar assuntos relevantes;
- Aplicar a interdisciplinaridade, contextualizando conhecimentos.

Deve-se ressaltar a importância desta atividade como parte integrante das aulas de Química, não sendo adotada somente para preencher horários desocupados, levando em consideração também os aspectos motivacionais (interesse do aluno pelo evento) e de coerência (regras, objetivos pedagógicos e materiais empregados em sua execução) (CUNHA, 2012).

Segundo Rizzo (2001), os docentes serão os principais responsáveis pelo rendimento obtido ao final de um campeonato. A exposição clara das regras, assim como sua aplicação, o acompanhamento das atividades experimentais dos alunos, ajudando na superação das dificuldades e germinando nos alunos a crítica e a autoavaliação, mantendo os competidores motivados e concentrados na obtenção de seus cristais. O nível de comprometimento dos organizadores irá determinar, portanto, se a atividade foi decisiva no aprendizado ou se foi apenas um simples motivo de diversão para os alunos, sem alcançar o verdadeiro objetivo.

Aos estudantes são inúmeros os ganhos, destacando-se:

- Aprendizagem de conceitos mais rapidamente em função da motivação;
- Aquisição de habilidades e competências que não podem ser obtidas somente através dos livros;
- Maior socialização em grupos, uma vez que este campeonato é realizado entre equipes, possuindo um caráter cooperativo;
- Desenvolvimento físico, intelectual e moral;
- Aprendizado inconsciente: os alunos aprendem os conceitos e as técnicas sem perceberem, uma vez que estão animados e entretidos com o campeonato (CUNHA, 2012).

### 3.5 JOGOS COOPERATIVOS X JOGOS COMPETITIVOS

Embora não seja uma prática recente, os jogos didáticos ainda são vistos com bastante resistência por muitos docentes e pais de alunos. Isto se deve ao fato dos jogos passarem uma impressão negativa da competição, que levaria os estudantes a um estado de desunião e brigas internas estimuladas pela vontade de vencer, ou seja, uma projeção em menor escala de muitas situações da realidade do mundo capitalista e globalizado. É preciso, portanto, definir as condições para uma competição saudável e suas vantagens dentro de um jogo, esclarecendo os limites entre a competição construtiva e a destrutiva.

Para Reverdito *et al.* (2008), a competição, principalmente no âmbito escolar, por muito tempo esteve polarizada, sendo alimentada à base de contradições e, conseqüentemente, repelindo qualquer possibilidade de diálogo. A competição é elemento fundamental do esporte, que dá sentido a sua existência, e é nela que a manifestação do esporte se realiza em sua plenitude. Portanto, qualquer ação orientada para o ensino e aprendizagem do esporte não está desvinculada da necessidade de se aprender a competir (SCAGLIA; MONTAGNER; SOUZA, 2001; SCAGLIA; GOMES, 2005).

Segundo Bento (2006), a competição e a concorrência são a alma e o grande motor do desporto e da vida. Deste modo, não podemos negá-la e nem dar a ela um valor inferior. Porém, não se trata de qualquer competição. Em uma competição escolar, a qual pressupõe seu compromisso com a educação do sujeito, entende-se que esta deve estar consciente de suas particularidades e função. Logo, seus princípios e condutas pedagógicas terão de responder os motivos, público-alvo, objetivos, prazo e metodologias, conforme Scaglia e Souza (2004) e Santana e Reis (2006).

Para Ferraz (2002), deve-se considerar que a competição em si não é boa ou má, ela é o que fazemos dela. Isto significa que qualquer jogo cooperativo é também um jogo competitivo, mas as conseqüências promovidas por essa competição estão intimamente ligadas às regras. A ausência de princípios e procedimentos pedagógicos claros e específicos às características do grupo escolar e da escola contribuirá para um regime competitivo nocivo. Quando os princípios pedagógicos são inexistentes, ou mal definidos, torna-se complicado antever para onde a ação educativa será conduzida e a tendência é a perda de controle sobre o público-alvo.

O ensino baseado na cooperação vem sendo utilizado por educadores que acreditam no potencial destas estratégias na preparação dos estudantes para sua formação pessoal e profissional (TORRES, 2007). No entanto, ele sofreu forte resistência por parte daqueles que acreditavam que os alunos deveriam ser preparados para sobreviver em uma sociedade competitiva. Atualmente o ensino através da cooperação é aceito e utilizado em diferentes níveis escolares (JOHNSON *et al.*, 2007).

Segundo Johnson e Johnson (1994), Felder e Brent (2007) e Zakaria e Iksan (2007), o aprendizado cooperativo promove uma interdependência positiva, uma vez que os alunos trabalham em conjunto para alcançar objetivos comuns. Neste caso, o sucesso do grupo depende do sucesso de cada membro do grupo. Por outro lado, competição promove uma interdependência negativa, na qual o sucesso de um indivíduo vai depender do fracasso de outros. Além disso, a cooperação promove uma maior interação entre os alunos que dialogam, confrontam opiniões e se ajudam, propiciando uma construção compartilhada de conhecimentos.

Desta forma, a Competição de Crescimento de Cristais deve se apresentar como um jogo ou evento didático de caráter cooperativo, onde a competição é oriunda da relação amistosa entre equipes que podem e devem estar em constante comunicação, buscando somar experiências e conhecimentos adquiridos em cada um dos experimentos de cristalização de seus respectivos sais.

### 3.6 PARÂMETROS CURRICULARES NACIONAIS E OS JOGOS DIDÁTICOS

Os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM e PCN+) constituem um conjunto de definições, normas e diretrizes para a regulamentação de todas as disciplinas, agrupadas de acordo com sua natureza, a serem ministradas durante o Ensino Médio das escolas brasileiras.

Nas Bases Legais (PCNEM, 2000) destaca-se a importância para a formação de um aluno com conhecimentos gerais e abrangentes em detrimento de uma formação específica, ou seja, “o desenvolvimento de capacidades de pesquisar, buscar informações, analisá-las e selecioná-las; a capacidade de aprender, criar, formular, ao invés do simples exercício de memorização [...]”, possuindo “como alvo principal a aquisição de conhecimentos básicos, a preparação científica e a capacidade de utilizar as diferentes tecnologias relativas às áreas de atuação” (PCNEM, 2000).

A Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) (Lei 9.394/96) confere uma nova identidade ao Ensino Médio, determinando que o Ensino Médio

seja a Educação Básica, além de explicitá-lo como a etapa final da educação básica (Art. 36), o que significa que este nível deve:

assegurar a todos os cidadãos a oportunidade de consolidar e aprofundar os conhecimentos adquiridos no Ensino Fundamental; aprimorar o educando como pessoa humana; possibilitar o prosseguimento de estudos; garantir a preparação básica para o trabalho e a cidadania; dotar o educando dos instrumentos que o permitam 'continuar aprendendo', tendo em vista o desenvolvimento da compreensão dos 'fundamentos científicos e tecnológicos dos processos produtivos'. (Brasil, Lei de Diretrizes e Bases Art.35, incisos I a IV, 1996)

Além disso, segundo esta Lei, o Ensino Médio deverá vincular-se ao mundo do trabalho e à prática social (Art.1º § 2º) de modo a oferecer “de forma articulada, uma educação equilibrada, com funções equivalentes para todos os educandos [...]”:

- A formação da pessoa, de maneira a desenvolver valores e competências necessárias à integração de seu projeto individual ao projeto da sociedade em que se situa;
- O aprimoramento do educando como pessoa humana, incluindo a formação ética e o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico;
- A preparação e orientação básica para a sua integração ao mundo do trabalho, com as competências que garantam seu aprimoramento profissional e permitam acompanhar as mudanças que caracterizam a produção no nosso tempo;
- O desenvolvimento das competências para continuar aprendendo, de forma autônoma e crítica, em níveis mais complexos de estudos.

Na sessão 4.4 das Bases Legais (PCNEM, 2000), ratifica-se a importância da contextualização durante o processo educativo sendo ela:

o recurso que a escola tem para retirar o aluno da condição de espectador passivo. Se bem trabalhado permite que, ao longo da transposição didática, o conteúdo do ensino provoque aprendizagens significativas que mobilizem o aluno e estabeleçam entre ele e o objeto do conhecimento uma relação de reciprocidade. A contextualização evoca por isso áreas, âmbitos ou dimensões presentes na vida pessoal, social e cultural, e mobiliza competências cognitivas já adquiridas. As dimensões de vida ou contextos valorizados explicitamente pela LDB são o trabalho e a cidadania. As competências estão indicadas quando a lei prevê um ensino que facilite a ponte entre a teoria e a prática. É isto também que propõe Piaget, quando analisa o papel da atividade na aprendizagem: compreender é inventar ou reconstruir, através da reinvenção, e será preciso curvar-se ante tais necessidades se o que se pretende, para o futuro, é moldar indivíduos capazes de produzir ou de criar, e não apenas de repetir. (PCNEM, 2000)



No PCN+ de Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias que oferece orientações educacionais complementares aos PCNEM, é realizada uma abordagem direta a respeito dos jogos escolares voltados para mediação didática. Mas especificamente na sessão sobre a Biologia os jogos são definidos como:

elementos muito valiosos no processo de apropriação do conhecimento. Permitem o desenvolvimento de competências no âmbito da comunicação, das relações interpessoais, da liderança e do trabalho em equipe, utilizando a relação entre cooperação e competição em um contexto formativo. O jogo oferece o estímulo e o ambiente propícios que favorecem o desenvolvimento espontâneo e criativo dos alunos e permite ao professor ampliar seu conhecimento de técnicas ativas de ensino, desenvolver capacidades pessoais e profissionais para estimular nos alunos a capacidade de comunicação e expressão, mostrando-lhes uma nova maneira, lúdica e prazerosa e participativa, de relacionar-se com o conteúdo escolar, levando a uma maior apropriação dos conhecimentos envolvidos. Utilizar jogos como instrumento pedagógico não se restringe a trabalhar com jogos prontos, nos quais as regras e os procedimentos já estão determinados; mas, principalmente, estimular a criação, pelos alunos, de jogos relacionados com os temas discutidos no contexto da sala de aula. (Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias PCN+, 2000)

Outro aspecto muito importante a ser definido, como base no PCN+, é o nível mínimo de conhecimento a ser exigido por um estudante de Química no Ensino Médio para participar em igualdade com os demais competidores no Campeonato de Crescimento de Cristais.

A partir das estruturas de matrizes curriculares sugeridas pelo PCN+ (Figura 2) para a disciplina de Química, pode-se considerar qualquer aluno do primeiro ao terceiro ano apto a competir, uma vez que já no primeiro ano os alunos devem aprender os conceitos sobre os temas “Reconhecimento e caracterização das transformações químicas” e “Primeiros modelos de constituição da matéria”.

O primeiro tema reúne informações acerca das transformações químicas do dia-a-dia, relações quantitativas de massa, reagentes e produtos, propriedades das substâncias (solubilidade, pontos de fusão e ebulição, densidade etc.), procedimentos experimentais básicos como filtração, destilação, cristalização e recristalização.

O segundo tema aborda conceitos sobre modelos atômicos, Lei de Lavoisier, ligações químicas, reações químicas, concentração, molaridade, estequiometria e rendimento de uma reação.

### Seqüência 1

1ª série	2ª série	3ª série
1. Reconhecimento e caracterização das transformações químicas 2. Primeiros modelos de constituição da matéria 3. Energia e transformação química	4. Aspectos dinâmicos das transformações químicas 8. Química e biosfera 6. Química e hidrosfera	5. Química e atmosfera 7. Química e litosfera 9. Modelos quânticos e propriedades químicas

### Seqüência 2

1ª série	2ª série	3ª série
1. Reconhecimento e caracterização das transformações químicas 2. Primeiros modelos de constituição da matéria	3. Energia e transformação química 4. Aspectos dinâmicos das transformações químicas 6. Química e hidrosfera	8. Química e biosfera 5. Química e atmosfera 7. Química e litosfera

### Seqüência 3

1ª série	2ª série	3ª série
1. Reconhecimento e caracterização das transformações químicas 2. Primeiros modelos de constituição da matéria	3. Energia e transformação química 4. Aspectos dinâmicos das transformações químicas	8. Química e biosfera, além de um destes três: 5. Química e atmosfera 6. Química e hidrosfera 7. Química e litosfera

Figura 2. Sequências de organizações dos temas de Química sugeridas pelo PCN+ (Fonte: PCN+, 2000).

Portanto, um aluno que esteja com, pelo menos, metade da matriz curricular do primeiro ano completa já pode se aventurar neste campeonato, uma vez que o principal objetivo é exatamente fixar o que já foi visto e estimular o participante a aprender o que ainda será ensinado, acelerando seu amadurecimento e socialização com os colegas de classe. Não menos importante, o campeonato não necessita que

o professor altere seu programa de aulas, uma vez que todos os requisitos básicos que um participante necessita serão normalmente mediados nas aulas.

Seguindo a proposta de contextualização e interdisciplinaridade enfatizadas pelos PCNs e pela LDB, aconselha-se que a formação das equipes que irão participar do Campeonato de Crescimento de Cristais permita a mistura de estudantes em diferentes séries, de maneira a aumentar ainda mais a troca de conhecimento e experiência, antecipando informações aos estudantes mais novos e fomentando a capacidade de ensino e liderança nos veteranos.

### 3.7 EXPERIÊNCIAS BEM-SUCEDIDAS

A Competição de Crescimento de Cristais teve início na década de 90, alcançando maior popularidade a partir dos anos 2000. O *Crystal Growing Competition* atualmente é organizado por universidades, escolas e laboratórios em diferentes países, sendo o Canadá um dos pioneiros.

Em 2013 os canadenses estarão realizando sua 11<sup>a</sup> edição, que reúne competidores de diversas escolas do país e cujo número aumenta a cada campeonato. As escolas são divididas por regiões e cada região possui um coordenador. Acima dos coordenadores regionais está o coordenador nacional.

No sítio oficial do *Crystal Growing Competition* (THE CHEMICAL INSTITUTE OF CANADA, 2013) administrado pelo *The Chemical Institute of Canada* é possível conhecer detalhes sobre prazos, premiações, inscrições, edições anteriores e contatos.

A seguir são apresentados alguns resultados do Campeonato de Crescimento de Cristal Canadense. A Figura 3 ilustra os dez melhores cristais de sulfato de cobre (II) pentahidratado ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) no resultado global (*total score*) que representa o sal de melhor qualidade (geometria, faces, translucidez) e melhor aproveitamento da massa de sal utilizada.

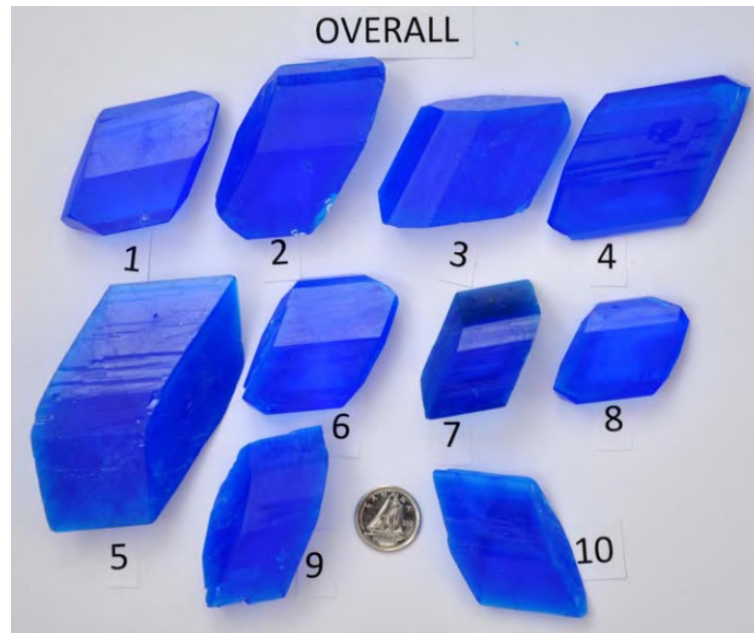


Figura 3. Classificação Global da edição de 2012 (Fonte: THE CHEMICAL INSTITUTE OF CANADA, 2013).

Foram premiados também os dez melhores cristais (Figura 4) avaliados apenas no quesito qualidade, ou seja, sem considerar a massa utilizada.



Figura 4. Classificação em Qualidade da edição de 2012 (Fonte: THE CHEMICAL INSTITUTE OF CANADA, 2013).

Em Singapura, a *National University of Singapore* realiza desde 1997 seu Campeonato de Crescimento de Cristais. A Figura 5 mostra alguns registros da edição de 2006 em diferentes etapas do evento.



Figura 5. Momentos da edição de 2006 em Singapura. Em (A) a submissão dos cristais obtidos, em (B) um cristal concorrente, em (C) um dos julgadores avaliando e em (D) a cerimônia de premiação (Fonte: NATIONAL UNIVERSITY OF SINGAPORE, 2013).

Em 2013, Canadá, Singapura, Austrália, Bélgica e Inglaterra realizarão mais uma edição do *Crystal Growing Competition* que geralmente possui duração de dois meses, ocorrendo entre Outubro e Novembro.

## 4 METODOLOGIA

Este projeto terá como ponto de partida e suporte o *Crystal Growing Competition* criado pelo *The Chemical Institute of Canada* em virtude de ser um dos pioneiros nesta prática. Serão apresentadas a estrutura e as regras que regem a competição, assim como os critérios de avaliação e classificação dos cristais apresentados.

Será proposto o ajuste deste modelo de partida para a realidade do Ensino Médio brasileiro, ou seja, como a Competição de Crescimento de Cristais pode ser empregada para turmas do primeiro ao terceiro ano, considerando o conteúdo programático e a maturidade e capacidade cognitiva que o aluno possui nesta faixa etária para participar desta competição.

Todas as informações consideradas necessárias para a organização do evento serão descritas e justificadas. Aqueles que podem participar da atividade, formação das equipes, coordenação do torneio, quesitos em avaliação e sugestões para atribuição das notas. Uma abordagem sobre os materiais e métodos mais utilizados, além de dicas para uma cristalização bem sucedida também serão detalhados.

Ao final serão propostas algumas perguntas que os alunos deverão responder, a partir do preenchimento de um formulário, no momento da entrega de seus respectivos cristais. Este relatório poderá ajudar os professores a aprimorar as aulas de Química em diversos aspectos, além de funcionar como um canal adicional entre discente e docente.

## 5 PROPOSTAS

Visando a melhor compreensão das propostas e a participação de todos os envolvidos no processo, elaborou-se um edital para a Competição de Crescimento de Cristais possível de ser aplicado em colégios do Ensino Médio brasileiro. Será utilizado como suporte o *handbook* oficial do evento (THE CHEMICAL INSTITUTE OF CANADA HANDBOOK, 2013) fornecido pelo Instituto de Química do Canadá.

Primeiramente, deve-se salientar que a primeira modificação em relação ao projeto de referência está na dimensão da competição. No Canadá a disputa se dá entre escolas divididas em regiões, ou seja, é um campeonato de âmbito nacional. A proposta deste trabalho, em contrapartida, busca uma adaptação em menor escala, a princípio, de modo a ser organizado dentro de uma única escola de Ensino Médio. A escolha por este caminho se deve ao fato de o Brasil ainda não ter o costume em realizar eventos dessa natureza, maior facilidade na organização dos primeiros campeonatos, conhecimento e a aproximação do público-alvo (alunos) e dos professores com a prática competitiva, baseada na teoria apresentada em sala de aula.

Portanto, a sugestão principal está em apresentar às escolas de Ensino Médio o evento como uma ferramenta adicional de aprendizado, despertando a crítica, a capacidade de decisão, de experimentação e inovação dos participantes, incluindo também os professores e demais organizadores. A partir de então, o projeto é flexível o bastante para que escolas próximas possam projetar um evento em maior escala.

## 5.1 COMPETIDORES

- Alunos matriculados entre o primeiro e o terceiro ano do Ensino Médio brasileiro;

- Os alunos devem participar, preferencialmente, em equipes de no máximo três componentes. O individualismo não é um dos objetivos deste campeonato, que possui um caráter cooperativo. Grupos com mais de três alunos pode prejudicar a atuação dos componentes por dividir demais a atenção e o foco nos experimentos. Não há limites para o número de equipes;

- Professores do Ensino Médio também poderão participar, mas, de preferência, individualmente. A inserção de professores na competição tem por objetivo motivar os alunos no projeto. Estagiários que desejem participar deverão estar nessa categoria.

## 5.2 ORGANIZAÇÃO DOS COMPETIDORES

Assim como nos campeonatos realizados em outros países, a forma como os competidores são classificados pode variar bastante de acordo com a organização do evento. Geralmente são criadas categorias em função da idade ou por nível de escolaridade.

Nesta adaptação para a realidade do Ensino Médio brasileiro, sugere-se que os alunos do 1º ao 3º ano tenham liberdade para criar suas próprias equipes, significando que pode haver grupos mesclados, ou seja, com membros de séries diferentes. A razão disso seria, além de deixar os participantes mais a vontade para atuar com colegas de maior afinidade, estimular a mistura de conhecimento e experiência. Os mais novos poderiam aprender com os mais antigos e estes poderiam relembrar informações adquiridas na primeira série.

Outra opção seria dividir o campeonato em categorias, como é feito na maioria dos eventos, onde alunos de cada série competiriam entre si. Ao final seriam



escolhidos os melhores cristais de cada série, que poderiam, eventualmente, compor uma segunda fase para definição do melhor cristal de todo o Ensino Médio.

### 5.3 COORDENADORES

Professores de qualquer disciplina, estagiários e diretores que não estejam participando da disputa serão os responsáveis por toda a organização do evento, publicação, incentivo e orientação aos alunos, mas sem atuar diretamente no processo de criação dos cristais. Devem estimular os alunos a inovar e esclarecer os quesitos que tornam um cristal competitivo, acompanhando de perto a evolução dos trabalhos, mas com imparcialidade.

### 5.4 AVALIADORES

Os avaliadores devem ser, preferencialmente, professores de Química e que não estejam participando da disputa. Sugere-se o mínimo de três avaliadores, lembrando que este número deve ser ímpar. Caso não haja professores suficientes, buscar algum professor que tenha tido a disciplina de Química Geral e/ou Inorgânica em sua formação acadêmica, apresentando conhecimento mínimo para uma avaliação coerente. Alunos de nível superior em estágio também pode ser uma alternativa.

Existirá apenas uma equipe para julgar os dois quesitos em avaliação.

## 5.5 QUESITOS AVALIADOS

Buscando aumentar as chances de vitória e premiação, todos os cristais submetidos na competição estarão automaticamente disputando os quesitos a seguir.

### 5.5.1 Conjunto

O quesito Conjunto premia o cristal que apresenta a melhor relação entre geometria, perfeição das faces, tamanho e massa de sal utilizado. Portanto é a premiação para o trabalho que apresentou um conjunto mais equilibrado entre as características avaliadas. Os três melhores podem ser premiados com medalhas (ouro, prata e bronze) ou com livros de Química, por exemplo.

Cálculo da nota para este quesito:

- geometria: quanto mais próxima da geometria que deve ser encontrada para um determinado sal, maior será a nota, que varia de 0 a 2;

- presença ou não de inclusões: pequenas inclusões nas faces do cristal prejudicando sua perfeição serão observadas. Quanto menos inclusões, maior será a nota em uma escala de 0 a 2;

- fraturas nas faces: quanto menos acidentadas estiverem as faces do cristal, melhor será a nota, variando entre 0 e 2;

- perfeição das faces: quanto mais perfeitos os lados do cristal, maior será a nota atribuída, em uma escala de 0 a 2;

- transparência / translucidez: cristais que permitam a passagem da luz mais facilmente terão notas superiores em relação aos cristais opacos, entre 0 e 2.

Desta forma, os cinco critérios assim podem somar 10 pontos e constituem o fator qualidade do cristal ( $Q_0$ ).

Cada participante receberá 500 gramas do sal a ser cristalizado. A massa máxima (M) a ser utilizada em um cristal é 100 gramas. A massa do cristal a ser avaliado ( $M_0$ ) será relacionado ao fator  $Q_0$  para fornecer a nota global obtida, de acordo com a seguinte equação:

$$\text{Nota Global} = [\log (M_0 + 1)] \times Q_0$$

Uma unidade é somada a  $M_0$  para corrigir possíveis valores negativos, caso a massa registrada seja menor do que 1 grama. A operação logarítmica tem por objetivo valorizar a massa do cristal ( $M_0$ ) atuando como um peso na nota final, ou seja, quanto maior este valor, maior será a nota global do participante. Cristais muito pequenos não atingirão um resultado que permita ao competir alcançar uma boa classificação neste quesito.

Em um exemplo hipotético, um cristal cuja massa seja exatamente 100 gramas e com o  $Q_0 = 10$  alcançaria a maior nota global possível:

$$20,04 = [\log (100 + 1)] \times 10$$

Para converter este valor absoluto para percentual, ou seja, em uma escala de 0 a 100 pode-se fazer o seguinte ajuste na equação acima:

$$\text{Nota Global (\%)} = \{[\log (M_0 + 1)] \times Q_0 / [\log (M_T + 1)] \times Q_T\} \times 100$$

Onde  $M_T = 100$  e  $Q_T = 10$ .

### 5.5.2 Geometria

Premiação para o cristal com geometria e faces mais perfeitas. É um quesito que se concentra apenas na qualidade, incentivando esmero e o cuidado do participante. Além disso, é natural que alunos do Ensino Médio ainda não apresentem a prática e conhecimento necessários para equacionarem tantas variáveis simultaneamente. Portanto é uma premiação que oferece mais liberdade aos participantes, pois não considera a massa do cristal obtido, apenas seu formato. Os três melhores são premiados com medalhas de ouro, prata e bronze.

Cálculo da nota para este quesito:

- geometria: quanto mais próxima da geometria que deve ser encontrada para um determinado sal, maior será a nota, que varia de 0 a 2;

- presença ou não de inclusões: pequenas inclusões nas faces do cristal prejudicando sua perfeição serão observadas. Quanto menos inclusões, maior será a nota em uma escala de 0 a 2;

- fraturas nas faces: quanto menos acidentadas estiverem as faces do cristal, melhor será a nota, variando entre 0 e 2;

- perfeição das faces: quanto mais perfeitos os lados do cristal, maior será a nota atribuída, em uma escala de 0 a 2;

- transparência / translucidez: cristais que permitam a passagem da luz mais facilmente terão notas superiores em relação aos cristais opacos, entre 0 e 2.

Desta forma, os cinco critérios assim podem somar 10 pontos e constituem o fator qualidade do cristal ( $Q_0$ ). A nota de qualidade final ( $Q_F$ ) deste quesito será:

$$Q_F (\%) = Q_0 \times 100$$

## 5.6 CRISTAIS DOS PROFESSORES

Os professores e estagiários que porventura participem devem ter seus cristais julgados a parte. Uma vez que a prioridade no aprendizado é dos alunos e a participação dos docentes tem o intuito de motivá-los, não há necessidade de incluí-los na disputa geral. No entanto, seus resultados merecem crédito e podem servir de referência para os alunos nas edições seguintes. Assim como para os alunos, os cristais dos professores e estagiários serão julgados em conjunto e geometria.

As equações de avaliações nos dois quesitos são as mesmas que as descritas anteriormente.

## 5.7 DURAÇÃO DO CAMPEONATO

Em competições internacionais, o tempo entre a inscrição e a entrega dos cristais é de um mês. Considerando a adaptação para alunos com menos prática experimental e conhecimento técnico, sugere-se um tempo de dois meses, para que possam tentar diversas vezes até alcançarem um resultado que julguem satisfatório, sem tornar o evento desgastante.

## 5.8 O QUE É UM CRISTAL?

Um cristal é um sólido constituído de vários átomos, íons ou moléculas, dispostos uniformemente e obedecendo a um padrão repetitivo. Isso resulta em um material que apresenta forma e coloração específica, além de outras propriedades características. O diamante é um exemplo de cristal constituído de átomos de carbono. O grafite também é um cristal formado por carbono, no entanto, a ordenação de seus átomos implica um material mais frágil e quebradiço. Além desses, o açúcar e o sal também são exemplos encontrados facilmente no dia-a-dia.

A recristalização é um processo utilização na purificação de um material sólido, a partir da dissolução deste sólido (também chamado de soluto) em um líquido apropriado (chamado solvente) de onde, posteriormente, o soluto é obtido em sua forma cristalina a partir da evaporação do solvente. Dependendo das condições experimentais, pode-se obter com uma mesma quantidade (massa) de sal, um único cristal grande ou vários cristais pequenos.

### 5.8.1 Estruturas dos Sólidos

O cristal de um elemento ou de um composto é construído a partir de elementos estruturais (pontos) que se repetem regularmente. A “rede cristalina” é o

padrão formado pelos pontos e é usada para representar as posições destes elementos estruturais que se repetem.

Portanto a rede é um arranjo tridimensional dos pontos que se repete infinitamente e definindo uma estrutura básica e sistemática do cristal. Em algumas ocasiões, a unidade estrutural pode está centrada em um ponto da rede. Logo a estrutura cristalina é a associação de uma ou mais unidades estruturais (moléculas ou íons) com cada ponto da rede.

Célula unitária do cristal é uma região imaginária, de lados paralelos, a partir da qual o cristal inteiro pode ser construído por deslocamentos translacionais, onde as células unitárias se encaixam perfeitamente sem que haja espaços entre elas (Figura 6).

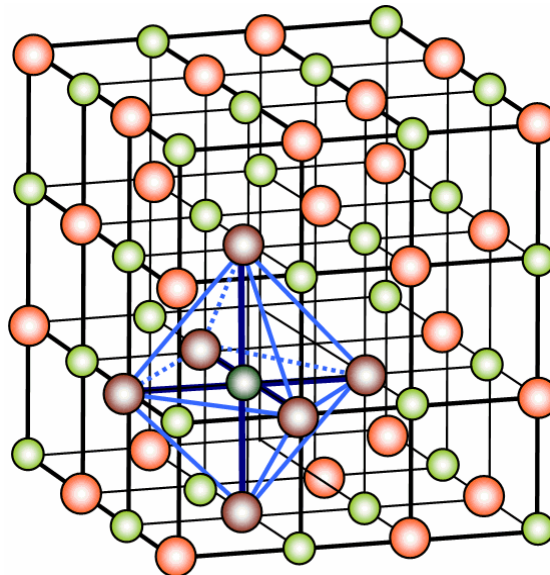


Figura 6. Modelo de rede cristalina para o cloreto de sódio (Fonte: ESTRUTURA DOS SÓLIDOS, 2013).

Parâmetros da célula unitária são usados para definir os ângulos ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ) e os comprimentos ( $a$ ,  $b$ ,  $c$ ) e, conseqüentemente, a forma e o tamanho de uma célula unitária e também são chamados parâmetros de rede. Convencionalmente, o ângulo entre  $a$  e  $b$  é o  $\gamma$ , entre  $b$  e  $c$  é o  $\alpha$  e entre  $a$  e  $c$  é o  $\beta$ . As relações entre os parâmetros de rede nas três dimensões, como resultado da simetria da estrutura, originam os setes sistemas cristalinos, detalhados na Tabela 1 e ilustrados na Figura 7.

Tabela 1. Os sete sistemas cristalinos.

Sistema	Relações entre os parâmetros de rede	Célula unitária definida por
Triclínico	$a \neq b \neq c \quad \alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$	$a \ b \ c \quad \alpha \ \beta \ \gamma$
Monoclínico	$a \neq b \neq c \quad \alpha \neq \gamma = 90^\circ \quad \beta = 90^\circ$	$a \ b \ c \quad \beta$
Ortorrômico	$a \neq b \neq c \quad \alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	$a \ b \ c$
Romboédrico	$a = b = c \quad \alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ$	
Tetragonal	$a = b \neq c \quad \alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	$a \ c$
Hexagonal	$a = b \neq c \quad \gamma = 120^\circ$	$a \ c$
Cúbico	$a = b = c \quad \alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	$a$

(Fonte: Adaptado de SHRIVER; ATKINS, 2008).

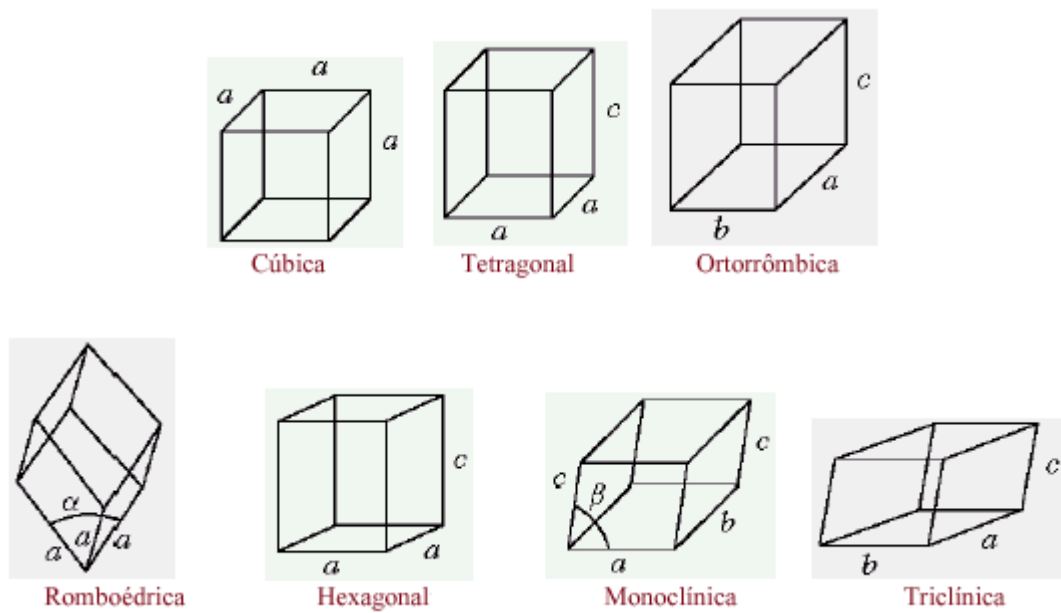


Figura 7. Geometrias dos sete sistemas cristalinos (Fonte: Adaptado de SARDINHA, 2013).

## 5.9 SAIS INDICADOS E ONDE ENCONTRÁ-LOS

Diversos compostos podem ser empregados para uma Competição de Crescimento de Cristais. Por questões de segurança, custo e facilidade de crescimento do cristal, sugere-se:

- Cloreto de Sódio (cor: branco, geometria: cúbico, Figura 8).



Figura 8. Cloreto de Sódio (Fonte: SALTSCIENCE HALOTHERAPY, 2012).

- Tartarato de sódio e potássio, também chamado de Sal de Rochelle (cor: branco azulado translúcido, geometria: ortorrômbico, Figura 9).

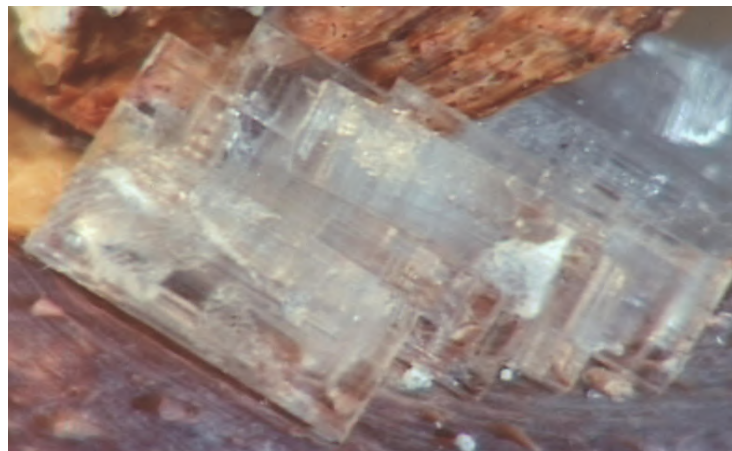


Figura 9. Sal de Rochelle (Fonte: TEIXEIRA, 2010).



- Sulfato cúprico ou sulfato de cobre (II) pentahidratado (cor: azul brilhante, geometria: triclínico, Figura 10).

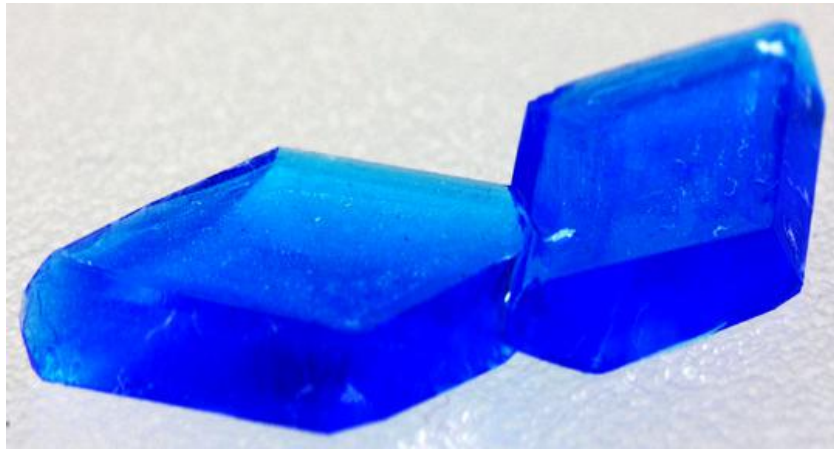


Figura 10. Sulfato cúprico (Fonte: HELMENSTINE, 2013).

- Sulfato duplo de alumínio e potássio, conhecido também por Alúmen de potássio (cor: branco translúcido, geometria: cúbico, Figura 11).



Figura 11. Alúmen de potássio (Fonte: MEDICAL HEALTH GUIDE, 2013).

Além destes, também podem ser utilizados os seguintes sais, embora já apresentem um nível de toxicidade mais elevado:

- Ferricianeto de potássio (cor: vermelho brilhante, geometria: monoclinico, Figura 12).



Figura 12. Ferricianeto de potássio (Fonte: VPKULIKOV, 2013).

- Acetato de cobre monohidratado (cor: verde escuro, geometria: monoclinico, Figura 13).

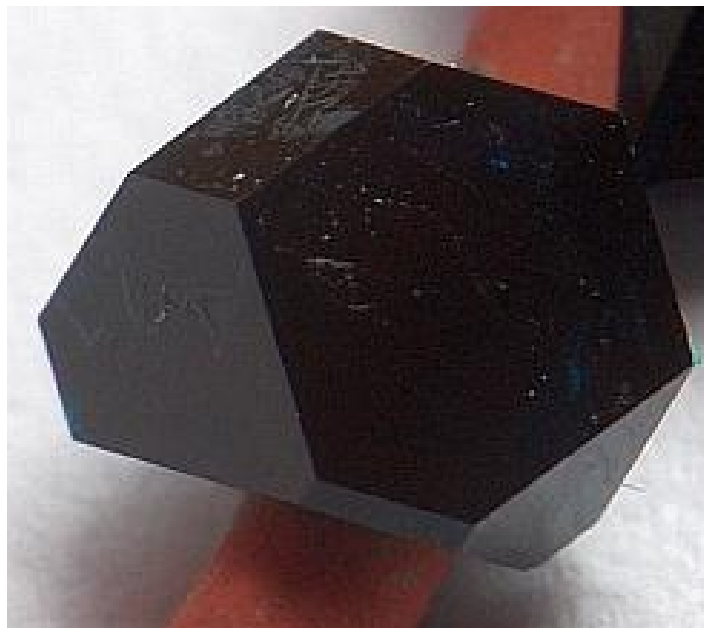


Figura 13. Acetato de cobre monohidratado (Fonte: HELMENSTINE, 2013).

- Acetato de cobre e cálcio hexahidratado (cor: azul, geometria: tetragonal, Figuar 14).



Figura 14. Acetato de cobre e cálcio hexahidratado (Fonte: TEIXEIRA, 2010).

- Borato de Sódio ou Bórax (cor: branco azulado, geometria: monoclinico, Figura 15).



Figura 15. Borato de sódio (Fonte: HELMENSTINE, 2013).

- Sulfato duplo de cromo e potássio ou Alúmen de cromo (cor: violeta, geometria: cúbico, Figura 16).

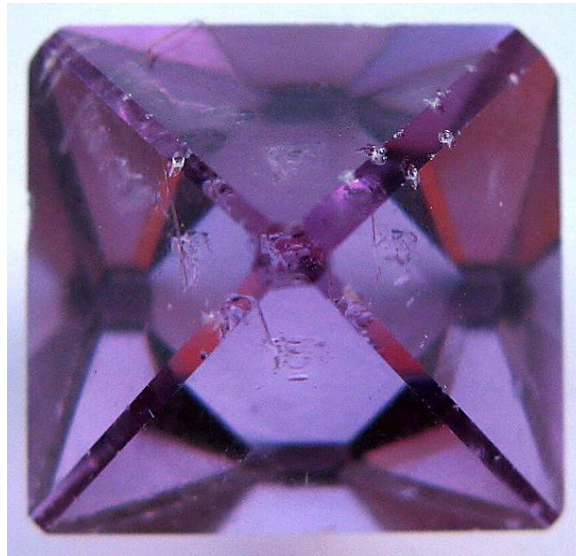


Figura 16. Alúmen de cromo (Fonte: HELMENSTINE, 2013).

Para uma determinada edição do evento, deve-se escolher um único composto a ser trabalho por todos os participantes.

Os sais citados são relativamente fáceis de encontrar, sendo alguns deles disponibilizados inclusive em lojas de produtos de piscina e drogarias.

Entretanto aconselha-se como referência o catálogo de produtos químicos disponibilizados no sítio da Associação Brasileira da Indústria Química (ABIQUM), o canal Produtos Químicos Brasileiros - *Brazilian Chemicals*. Neste canal é possível procurar o reagente químico desejado e consultar os fornecedores disponíveis.

#### 5.10 COMO CRESCER UM CRISTAL

O período para crescimento e obtenção de um cristal pode chegar a dois meses.

Sugere-se que a massa máxima de sal a ser utilizada em cada cristal seja de 100 gramas. Cada participante receberá um total de 500 gramas.

### 5.10.1 Crescimento do cristal inicial

O objetivo é crescer poucos cristais não muito grandes cristal (cristal inicial) e não vários cristais minúsculos. O participante necessitará inicialmente de um pequeno cristal bem formado, em torno do qual, posteriormente, crescerá um cristal maior. Nessa etapa é primordial evitar o rápido crescimento, o que aumenta as chances de se obter inúmeros cristais com má formação ao invés de um único cristal com boa geometria.

#### 5.10.1.1 Materiais

- Sal a ser cristalizado;
- Água destilada (ou bem filtrada);
- Béquer de vidro (ou um copo, desde que suporte elevadas temperaturas e choques térmicos);
- Placa de Petri de vidro (ou um prato de vidro com face bem lisa e plana);
- Pinça;
- Placa de aquecimento ou estufa;
- Linha de pesca ou similar;
- Pequena haste de madeira (ou um palito de picolé);
- Lupa.

### 5.10.1.2 Informações Importantes a Conhecer

- A massa de sal utilizada em cada cristal deve-se ser pesada e registrada;
- A solubilidade da substância em água a temperatura ambiente, que pode ser encontrada em livros de referência (*handbooks*);
- Também pode ser útil conhecer a solubilidade em elevadas temperaturas, que também podem ser encontradas em *handbooks*.

### 5.10.1.3 Procedimentos

- Aquecer aproximadamente 50 mL de água destilada em um béquer de vidro (ou 1/4 de um copo). A temperatura pode ser entre 60° e 70 °C;
- Dissolver uma quantidade do sal suficiente para produzir uma solução saturada a temperatura elevada;
- Verter a solução aquecida em uma placa de Petri;
- Deixar a solução resfriar em repouso a temperatura ambiente;
- Após um período de 24 horas ou mais, pequenos cristais se formarão. Com o auxílio de uma pinça, remova alguns destes cristais em outra placa de Petri;
- Utilizando uma lupa, selecionar o melhor cristal (Figura 17), considerando o que apresenta melhor geometria. Este será o cristal inicial.



Figura 17. Cristal inicial escolhido (Fonte: HONNAM, 2013).

### 5.10.2 Obtendo um Cristal Grande e Bem Formado

Nesta etapa o participante utilizará o pequeno cristal obtido anteriormente na síntese de um cristal maior e bem formado, com a menor concentração de impurezas possível que podem interferir na geometria e na transparência do produto final.

#### 5.10.2.1 Materiais

- Substância a ser cristalizada;
- Cristal inicial preso à linha de pesca obtido na etapa 5.10.1;
- Água destilada (ou bem filtrada);
- Béquero de vidro (ou um copo, desde que suporte elevadas temperaturas e choques térmicos);
- Pinça;
- Termômetro;
- Balança;
- Placa de aquecimento ou estufa;
- Béquero de vidro de 2 a 4 litros (ou algum outro recipiente alternativo, desde que suporte elevadas temperaturas e choques térmicos);
- Pequena haste de madeira (palito de picolé).

### 5.10.2.2 Informações Importantes a Conhecer

- A massa de sal disponível para os experimentos, registrada com o auxílio de uma balança;
- A solubilidade da substância em água a temperatura ambiente, que pode ser encontrada em livros de referência (*handbooks*);
- Também pode ser útil conhecer a solubilidade em elevadas temperaturas, que também podem ser encontradas em *handbooks*.

### 5.10.2.3 Procedimentos

Na recristalização, deve-se inicialmente preparar uma solução supersaturada com o sal desejado. Há várias formas de fazer isso. Uma delas é aquecer um béquer contendo o solvente e diluir a maior massa possível do soluto, ou seja, obter uma solução saturada nesta temperatura de aquecimento.

Cuidadosamente, desliga-se o aquecimento e deixa-se o sistema resfriar em repouso. Desta forma, na temperatura ambiente, a solução conterá uma concentração ligeiramente maior de soluto do que o solvente poderia dissolver se esta mesma solução fosse preparada sem o aquecimento. Portanto a solução encontra-se supersaturada e qualquer perturbação ocasionará a precipitação do soluto, o que não é desejado. Qualquer partícula imersa nesta solução, até mesmo uma partícula de poeira, poderá atuar como um sítio de nucleação para a formação descontrolada de um cristal. Neste ponto será utilizado o cristal inicial obtido na etapa 5.10.1, suspenso por um fio de pesca no centro do béquer ou outro recipiente contendo a solução supersaturada (Figura 18).



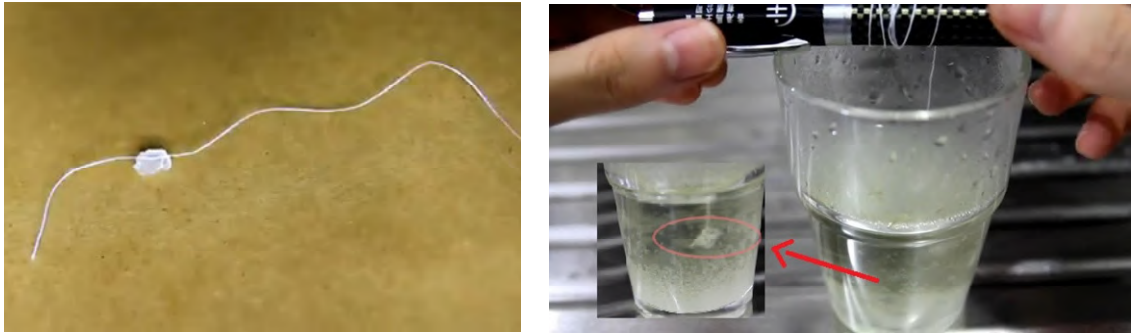


Figura 18. À esquerda, cristal inicial preso à linha de pesca. À direita, cristal inicial mergulhado na solução supersaturada (Fonte: HONNAM, 2013).

O método da supersaturação funciona adequadamente quando o soluto é mais solúvel em um solvente quente em relação a este mesmo solvente na temperatura ambiente. Portanto, para sais como o cloreto de sódio que apresenta praticamente a mesma solubilidade em água quente ou fria, este procedimento não é o mais indicado.

A taxa, ou velocidade, na qual a cristalização ocorre será decisiva na qualidade do cristal obtido. Isto significa que, quanto mais supersaturada for uma solução, maior será a taxa de cristalização. Geralmente os melhores cristais são obtidos a partir de velocidades lentas. Logo, caso a solução saturada seja aquecida para evaporação do solvente e resfriada em seguida, os cristais poderão começar a se formar antes do sistema atingir a temperatura ambiente.

Há ainda um procedimento alternativo, caso não seja possível obter o cristal inicial para atuar como sítio de nucleação. Após o preparo da solução saturada, evapora-se lentamente o solvente. É um procedimento mais simples, porém mais demorado e pode conduzir a formação de diversos cristais pequenos, ao invés de um único grande.

Outra preocupação é a temperatura durante a cristalização. Alguns sais possuem suas solubilidades bastante afetadas por pequenas variações de temperatura. Ambientes mais arejados ou mais abafados poderão reverter a cristalização, solubilizando novamente o sal.

### 5.10.3 Preparando uma solução supersaturada

Este item oferece um suporte aos itens 5.10.1 e 5.10.2, em que se faz necessário uma solução supersaturada para a condução dos experimentos. Serão apresentados dois procedimentos distintos.

#### 5.10.3.1 Método 1

- Pesar aproximadamente o dobro de massa que geralmente se utiliza para preparar uma solução de determinado volume a temperatura ambiente. Por exemplo, se 30 gramas de um sal são solubilizados em 100 mL de água, então se sugere pesar 60 gramas para o mesmo volume de água. É necessário estar atento para a quantidade de material disponível;

- Submeter a mistura à agitação constante até que máximo de sal se solubilize;

- Mantendo a agitação constante, iniciar lentamente o aquecimento da solução, acompanhando a solubilização do restante do sal;

- Uma vez que todo o soluto esteja solubilizado, desligar a agitação e o aquecimento, deixando o sistema resfriar em repouso a temperatura ambiente. Desta forma é obtida uma solução supersaturada.

#### 5.10.3.2 Método 2

- Colocar um determinado volume de água em um béquer;

- Aquecer a água aproximadamente 20°C acima da temperatura ambiente;

- Adicionar uma pequena quantidade do sal na água, em agitação constante, até que toda esta massa se solubilize;
- Continuar a adição do soluto até se verificar uma pequena quantidade que não se solubilize mais;
- Elevar um pouco mais a temperatura da mistura para que o precipitado se solubilize;
- Desligar a agitação e o aquecimento, deixando o sistema resfriar em repouso a temperatura ambiente. Desta forma é obtida uma solução supersaturada.

#### 5.10.4 **Conselhos Importantes**

- Deve-se ter cautela ao suspender o cristal inicial amarrado a uma linha de pesca com o auxílio de um palito, de modo a evitar que o cristal se choque contra a parede do béquer ou fique encostado no fundo do recipiente;
- O recipiente contendo a solução saturada e o cristal suspenso no centro da solução deve ser cuidadosamente fechado com um filme de policloreto de vinila (PVC) encontrado facilmente no comércio ou com outro material que desempenha a mesma função, como uma folha de alumínio. Esta cobertura deve conter pequenos orifícios para permitir que o solvente evapore lentamente e não exponha a solução a partículas suspensas no ar (poeira), que podem atuar como sítios de nucleação indesejados e gerar cristais irregulares. Além disso, a cobertura contribui para a redução da oscilação da temperatura no interior do sistema a qual muitos sais são extremamente sensíveis;
- Após o início do crescimento do cristal, podem ser necessários vários dias até que a cristalização cesse, dependendo do grau de supersaturação do meio e da temperatura;
- Um cristal deixa de crescer a partir do instante que a solução se torna saturada, ou seja, nesta concentração atinge-se o estado de equilíbrio. Mesmo que

algum íon deixe a solução e integre-se à estrutura cristalina, outro íon deixará a superfície do cristal e integrará a solução;

- Em algumas ocasiões, um cristal em formação pode desaparecer, ou seja, solubilizar completamente. Geralmente a razão deste evento é a variação da temperatura do meio que aumenta o grau de solubilidade do sal e reverte o processo de cristalização;

- É possível supersaturar novamente a solução, caso o cristal não cresça o suficiente ou solubilize. Um método é, como o cristal removido do sistema, aquecer a solução para evaporar uma fração do solvente e deixá-la esfriar para torná-la novamente supersaturada. Outra opção é, após remover o cristal do meio, aquecer a solução e dissolver mais soluto, deixando o sistema resfriar à temperatura ambiente;

- Após qualquer uma das duas alternativas acima, antes de resuspender o cristal, é válido secá-lo cuidadosamente, com o auxílio de uma pinça e lenço de papel, removendo qualquer bolha de sua superfície ou pequenos cristais que porventura tenham se formado ao longo da linha;

- A fim de se obter cristais simetricamente mais perfeitos, pode-se manter o cristal girando lentamente enquanto se encontra mergulhado na solução. Isto pode ser feito com o auxílio de qualquer rotor ou misturador que permita um ajuste entre 1 e 4 rotações por dia;

- Lavar bem as mãos antes e após qualquer tipo de intervenção no sistema.

## 5.11 RELATÓRIO FINAL

Juntamente com o cristal obtido, aconselha-se que cada participante também envie em anexo um relatório contendo as seguintes informações:

- Nomenclatura IUPAC do sal utilizado na cristalização;
- Fórmula química da substância;
- Geometria e coloração do cristal;

- Massa do cristal (mesmo este dado sendo conferido pelos julgadores no momento da avaliação);
- Rendimento da cristalização;
- Uma ou mais aplicações industriais do cristal obtido;
- Metodologia utilizada: uma breve descrição dos procedimentos utilizados durante todo processo de cristalização;
- Dificuldades encontradas: situações que o participante considerou difícil ou inesperada, com as respectivas justificativas;
- Conhecimentos adquiridos que ainda não foram apresentados na sala de aula;
- Uma autoavaliação do cristal: baseado nas mesmas regras utilizadas pelos julgadores, qual seria a nota atribuída pelo participante ao seu próprio cristal. Este item visa estimular a autocrítica e a capacidade de avaliação do estudante, buscando encontrar falhas a serem corrigidas;
- Sugestões e críticas: espaço reservado para o participante apontar falhas ou sugerir alguma alteração na organização do campeonato.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Campeonato de Crescimento de Cristais é uma adaptação do *Crystal Growing Competition* realizado em vários países. Acredita-se que este evento pode ser classificado como um jogo didático de caráter cooperativo e inserido nas atividades pedagógicas do Ensino Médio brasileiro como uma atividade lúdica, com o objetivo de facilitar a mediação didática dos princípios e definições expostos nas disciplinas de Química, principalmente Química Geral e Química Inorgânica.

O baixo custo relacionado aos materiais necessários para um estudante participar, além da pouca burocracia envolvida no processo de cristalização, torna bastante viável a organização desta atividade em qualquer escola, além de permitir variadas combinações na elaboração das equipes e métodos de avaliação.

Aos docentes o campeonato pode ser uma alternativa eficiente no despertar do interesse do aluno pela Química, aproveitando o ambiente de disputa amistosa e liberdade de experimentação e aproximando os estudantes do propósito das teorias apresentadas na sala de aula. Sua participação como coordenador, avaliador ou participante propicia um amadurecimento maior tanto no aluno quanto em si mesmo, através da troca de experiências e melhor percepção da origem de determinadas dificuldades que os alunos possuem na compreensão da teoria.

Sendo um campeonato regido por regras simples, com cerca de dois meses de duração, os alunos podem aproveitá-lo com tranquilidade e seriedade, sem a cobrança por resultados satisfatórios erroneamente exigidos em algumas aulas práticas, anulando o principal objetivo da experimentação que é o aprendizado pela tentativa, pela crítica e argumentação das falhas na síntese.

O preenchimento de um formulário com informações pertinentes aos experimentos e o conhecimento adquirido em sala de aula podem auxiliar os professores e diretores da escola a nortear com maior precisão os métodos de ensino e pontos na disciplina que precisam de maior atenção. Futuramente, estes relatórios poderão servir como referência, ajudando os participantes das edições posteriores e evoluindo os resultados obtidos na competição.

Ao término da competição, os alunos podem adquirir muito mais do que uma boa classificação. A oportunidade de interagir com colegas de outras séries, o maior contato com os professores, além da sensação de responsabilidade na condução dos próprios experimentos pode fomentar a criatividade, a disciplina, o espírito de liderança, a curiosidade e a vontade de aprender.

Finalmente o Campeonato não deve ser considerado um simples jogo de sala de aula, mas uma atividade entre turmas para integralização de todo o corpo docente e discente, onde todas as partes ganham e se ajudam. A competição pode ser cooperativa e benéfica na formação do cidadão, desde que a atividade seja conduzida em prol do conhecimento e do trabalho em equipe.

## REFERÊNCIAS

ARCE, A. **A pedagogia na “Era das Revoluções”**: uma análise do pensamento de Pestalozzi e Froebel. São Paulo: Autores Associados, 2001.

BARROS, P. M.; SILVA, C. S.; SILVA, A. C. S.; DANTAS, D. Utilização de jogos didáticos no ensino de Química: dominó dos plásticos. *In*: XXI CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 2009, São Paulo. Anais... São Paulo: Universidade Estadual Paulista, 2009, p. 2818-2821.

BENTO, J. O. Pedagogia do esporte: definições, conceitos e orientações. *In*: TANI, G.; BENTO, J. O.; PETERSEN, R. D. S. (Orgs.). **Pedagogia do Esporte**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006.

BRASIL, Ministério da Educação e Cultura – Secretaria de Educação Básica.

**PCNEM: Bases Legais. Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio**, 2000. Disponível em <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/blegais.pdf>>. Acesso em: 01 de Set. 2013.

BRASIL, Ministério da Educação e Cultura – Secretaria de Educação Básica. **PCN+ Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**, 2000. Disponível em <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf> >. Acesso em: 01 de Set. 2013.

BRASIL. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Diário Oficial [da República Federativa do Brasil], Brasília, DF, v. 134, n. 248, 23 dez. 1996. Seção I, p. 27834-27841.

CUNHA, M. B. Jogos no ensino de Química: considerações teóricas para sua utilização em sala de aula. **Química Nova na Escola**, v.34, n.2, p. 92-98, 2012.

DOMINGOS, D. C. A.; RECENA, M. C. P. Elaboração de jogos didáticos no processo de ensino e aprendizagem de química: a construção do conhecimento. **Ciências & Cognição**. v.15, n.1, p. 272-281, 2010.



ESCOLA DA PONTE. Disponível em <[www.escoladaponte.pt/ponte/projeto](http://www.escoladaponte.pt/ponte/projeto)>. Acesso em: 01 Set. 2013.

ESTRUTURA DOS SÓLIDOS. Os sólidos cristalinos e amorfos. Disponível em: <<http://www.explicatorium.com/CFQ9-Estrutura-dos-solidos.php>>. Acesso em: 01 Set. 2013.

FELDER, R. M.; BRENT, R. Cooperative Learning. *In: **Active Learning: Models from the Analytical Sciences, ACS Symposium Series 970***. Washington: American Chemical Society, 2007. p. 1-13.

FERRAZ, O. L. O esporte, a criança e o adolescente: consensos e divergências. *In: DE ROSE JR., D. (Org.). **Esporte e atividade física na infância e na adolescência: uma abordagem multidisciplinar***. Porto Alegre: Artmed, 2002.

HELMENSTINE, A. M. Crystal Chemicals. Chemicals Used to Grow Crystals. Disponível em: <<http://chemistry.about.com/od/growingcrystals/a/Crystal-Chemicals.htm>>. Acesso em: 01 Set. 2013.

HONNAM. **How to Grow Large Alum Crystals by Crystallization**. Disponível em <<http://www.youtube.com/watch?v=RnjiEdoSEvA>>. Acesso em: 01 Set. 2013.

JOHNSON, D. W.; JOHNSON, R. T.; SMITH, K. The state of cooperative learning in post secondary and professional settings. **Educational Psychology Review**. v.19, p. 15-29, 2007.

JOHNSON, T.; JOHNSON, D.W. An overview of cooperative learning. *In: J., T.; A., V; A., N. **Creativity and Collaborative Learning***; Baltimore: Brookes Press, 1994.

KISHIMOTO, T. M. O jogo e a educação infantil. *In: \_\_\_\_\_.(Org.). **Jogo, brinquedo, brincadeira e educação***. São Paulo: Cortez, 1996.

MEDICAL HEALTH GUIDE. Tawas. Disponível em <<http://www.medicalhealthguide.com/articles/tawas.htm>>. Acesso em: 01 Set. 2013.

MRC LABORATORY OF MOLECULAR BIOLOGY. **Crystal Growing Competition for Schools – East of England Region**. Disponível em <[www2.mrc-lmb.cam.ac.uk/news-and-events/public-engagement/crystal-growing-competition/](http://www2.mrc-lmb.cam.ac.uk/news-and-events/public-engagement/crystal-growing-competition/)>. Acesso em: 01 Set. 2013.

MULLIN, J.W. **Crystallization**, 3.ed. Butterworth: Heinemann, 1993.

NATIONAL COMMITTEE FOR CRYSTALLOGRAPHY. **Belgian crystal growing competition**. Disponível em <[chem.kuleuven.be/bcc/](http://chem.kuleuven.be/bcc/)>. Acesso em: 01 Set. 2013.

NATIONAL UNIVERSITY OF SINGAPORE. **Singapore National Crystal Growing Challenge**. Disponível em <[www.chemistry.nus.edu.sg/events/CommunityOutreach/ncgc/](http://www.chemistry.nus.edu.sg/events/CommunityOutreach/ncgc/)>. Acesso em: 01 Set. 2013.

PIAGET, J. **A formação do símbolo na criança**. Rio de Janeiro: Zahar, 1975.

REVERDITO, R. S.; SCAGLIA, A. J.; SILVA, S. A. D.; GOMES, T. M. R.; PESUTO, C. L.; BACCARELLI, W. Competições escolares: reflexão e ação em pedagogia do esporte para fazer a diferença na escola. **Revista Pensar a Prática**, v.11, n.1, 2008.

RIZZO, G. **Jogos inteligentes: a construção do raciocínio na escola natural**. 3.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001.

SALTSCIENCE HALOTHERAPY, 2012. Disponível em: <<http://www.saltscience.com.au/#/uncompromising-science/4561007939> > Acesso em: 01 Set. 2013.

SARDINHA, D. Estrutura dos sólidos cristalinos. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAACbMAF/estrutura-dos-solidos-cristalinos>>. Acesso em: 01 Set. 2013.

SCAGLIA, A. J.; MONTAGNER, P. C.; SOUZA, A. J. Pedagogia da competição em esportes: da teoria à busca de uma proposta prática escolar. **Motus Corporis**, Rio de Janeiro, v.8, n.2, p. 20-30, 2001.

SCAGLIA, A.; GOMES, R. M. O jogo e a competição: investigações preliminares. *In*: VENÂNCIO, S.; FREIRE, J. B. (Org.). **O jogo dentro e fora da escola**. Campinas. São Paulo: Autores Associados, 2005.

SHRIVER, D.; ATKINS, P. **Química Inorgânica**. 4.ed. Porto Alegre: Bookman, 2008.

SOARES, M. H. F. B. **Jogos para o ensino de Química: teoria, métodos e aplicações**. Guarapari: Ex Libris, 2008.

TEIXEIRA, C. Cristais "On the Rocks"- Crystal growth "On the Rocks", 2010. Disponível em <<http://web.ist.utl.pt/~clementina/cristais10/>>. Acesso em: 01 Set. 2013.

TEIXEIRA, C. Os cristais no ensino e divulgação da Química. *In*: COLÓQUIO CIÊNCIAS, 2000, Lisboa. Anais... Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2000, v.25, p. 20-36.

THE CHEMICAL INSTITUTE OF CANADA. **National Crystal Growing Competition**. Disponível em <[www.cheminst.ca/outreach/crystal-growing-competition](http://www.cheminst.ca/outreach/crystal-growing-competition)>. Acesso em: 01 Set. 2013.

THE CHEMICAL INSTITUTE OF CANADA. **National Crystal Growing Competition Handbook**. Disponível em <<http://www.cheminst.ca/sites/default/files/pdfs/Outreach/CrystalGrowingCompetition/national%20crystal%20growing%20competition%20eng.pdf>>. Acesso em: 01 Set. 2013.

THE ROYAL AUSTRALIAN CHEMICAL INSTITUTE INCORPORATED. **NSW Crystal Growing Competition**. Disponível em <[www.raci.org.au/events/event/nsw-crystal-growing-competition-2013](http://www.raci.org.au/events/event/nsw-crystal-growing-competition-2013)>. Acesso em: 01 Set. 2013.

TORRES, P. L. **Algumas vias para entretecer o pensar e o agir**. 1.ed. SENAR-PR: Curitiba, 2007.

VIGOTSKI, L. S. **A Formação Social da Mente. Desenvolvimento e Aprendizado**. São Paulo: Martins Fontes, 1991.

VPKULIKOV. Cristais de suas mãos. Sal sangue vermelho. Disponível em <<http://chemistry-chemists.com/Video/Crystals-Potassium%20ferricyanide.html>>. Acesso em: 01 Set. 2013.

ZAKARIA, E.; IKSAN, Z. Promoting Cooperative Learning in Science and Mathematics Education: A Malaysian Perspective. **Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education**, v.3, n.1, p. 35-39, 2007.