



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE  
CAMPUS PROFESSOR ALBERTO CARVALHO  
DEPARTAMENTO DE GRADUAÇÃO EM QUÍMICA  
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**ENTROPIA: APENAS DESORDEM?**

**ELLEN MAYANE SOUZA LIMA  
MARISA DA SILVA SANTOS**

**ITABAIANA/SE**

**2013**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE  
CAMPUS PROFESSOR ALBERTO CARVALHO  
DEPARTAMENTO DE GRADUAÇÃO EM QUÍMICA  
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**ENTROPY: ONLY DISORDER?**

**ELLEN MAYANE SOUZA LIMA  
MARISA DA SILVA SANTOS**

*Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à banca examinadora do Departamento de Graduação em Química como requisito obrigatório para a obtenção do título de Licenciada em Química pela Universidade Federal de Sergipe Campus Professor Alberto Carvalho.*

*Orientador: Prof. Dr. Marcelo Leite dos Santos*

**ITABAIANA/SE**

**2013**

**ELLEN MAYANE SOUZA LIMA  
MARISA DA SILVA SANTOS**

**ENTROPIA: APENAS DESORDEM?**

**Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à banca examinadora como requisito obrigatório para a obtenção do Título de Licenciada em Química pela Universidade Federal de Sergipe, *Campus* Professor Alberto Carvalho.**

**BANCA EXAMINADORA**

---

**Prof. Dr. Marcelo Leite dos Santos  
(Orientador – UFS/DQCI)**

---

**Profa. Dra. Ana Paula Gebellein Gervasio  
(Membro Examinador – UFS/DQCI)**

---

**Prof. Dr. Victor Hugo Vitorino Sarmiento  
(Membro Examinador – UFS/DQCI)**

**Aprovado em 26/09/2013**

*“Toda disciplina, com efeito, no momento não parece ser motivo de alegria, mas de tristeza; ao depois, entretanto, produz fruto pacífico aos que têm sido por ela exercitados, fruto de justiça.”*

***Hebreus 12:11***

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente gostaríamos de agradecer a Deus por ter nos dado sabedoria, entendimento, discernimento, paciência, inteligência e forças pra chegarmos até aqui na entrega deste trabalho, trabalho este que representa o encerramento de mais um ciclo de nossas vidas. Agradecemos também aos nossos pais, por nos ter dado todo o apoio durante todas as etapas de nossas vidas. Aos mestres que nos ensinaram, não só os conceitos químicos, mas também nos ensinaram a viver. Ao Prof. Dr. Marcelo Leite, por nos receber de braços aberto quando não acreditaram em nossa capacidade de lutar e vencer. A Edivaldo por estar do nosso lado, até nas horas da comilança, comendo x-tudo. A todos os que nos apoiaram durante estes quatro anos e durante o desenvolvimento deste trabalho. Aos participantes desta pesquisa, por ter nos ajudado a finalizar-lá com sua participação e com os seus conhecimentos. Aos participantes da banca de nossa defesa, por aceitar a participar deste momento tão importante em nossas vidas acadêmicas. Em fim, gostaríamos de agradecer a todos por encontrarem-se a nos apoiar, até mesmos aos que torciam para que este momento não chegasse, pois partiu disto a vontade maior de vencer, a vontade de mostrar a nos mesmas que poderíamos finalizar esta pesquisa e concluir mais uma etapa de nossas vidas. A todos vocês, os nossos sinceros agradecimentos, muito obrigada.



## **RESUMO**

### **ENTROPIA: APENAS DESORDEM?**

O conceito de entropia, muito relevante nas aulas de Química, vem sendo abordado em sala de aula como sendo apenas um conceito relacionado com desordem posicional das moléculas, porém essa abordagem apresenta limitações na resolução de alguns problemas químicos, logo o presente trabalho tem como objetivo levar aos alunos uma abordagem em que o conceito de entropia é tratado com sua real e exata definição. Essa abordagem contou com a aplicação de pré-teste e pós-teste, a realização de um experimento e elaboração de um modelo didático representativo das moléculas de água no estado sólido e líquido, mostrando as diferentes formas de dispersão de energia pelas moléculas em cada estado físico e como isso interviria na entropia e espontaneidade das reações. O trabalho foi aplicado em um Grupo Focal (GF) com seis alunos do Curso de Química do Campus Prof<sup>o</sup> Alberto Carvalho que ainda não tiveram contato com as disciplinas da Físico-Química. Após a aplicação das atividades e discussões com o GF, evidenciou-se pela fala e respostas dadas pelos participantes da pesquisa, que apesar de não citar o nome entropia, conseguiram associar a espontaneidade dos processos com o número de maneiras possíveis de distribuição de energia fornecida às moléculas.

**Palavras-chaves:** Entropia, dispersão da energia, espontaneidade.

## **ABSTRACT**

### **ENTROPY: ONLY DISORDER?**

The concept of entropy is very important in Chemistry classes. This concept has been associated with positional disorder of the particles; however this approach has limitations in resolving some chemical problems. The present work aims to bring students to an approach in which the concept of entropy is treated with a real and exact definition. Our work included the application of pre-test and post-test, trial and development of a physical model representing the water molecules in solid and liquid. Such model was used to introduce the energy dispersion by the molecules on each physical state. The method was applied in a Focus Group (FG) with six students of Chemistry from Campus Prof<sup>o</sup> Alberto Carvalho which have not had contact with the disciplines of Physical Chemistry. After the application of activities and discussions we realized that, despite not mention the name entropy, students were able to associate with the spontaneity of processes with the number of possible ways to distribute the energy supplied to the molecules.

**Keywords:** Entropy, dispersion energy, spontaneity.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Linha do tempo dos principais eventos da história da termodinâmica.....	13
<b>Figura 2:</b> Molécula de água confeccionada com bolas de isopor com diâmetros diferentes. .....	49
<b>Figura 3:</b> Molécula de água confeccionada com bolas de isopor com diâmetros diferentes e com suas respectivas ligações de hidrogênio feitas com molas de encadernação.....	50
<b>Figura 4:</b> Modelo didático representacional para a demonstração de como encontram-se organizadas microscopicamente as moléculas de água no sólido. ....	50
<b>Figura 5:</b> Modelo didático representacional para a demonstração de como encontram-se organizadas microscopicamente as moléculas de água no líquido.....	51

## LISTA DE QUADRO

<b>Quadro 1:</b> Categorização das falas dos participantes da pesquisa. ....	32
--	----

## LISTA DE ANEXOS

<b>Anexo 1:</b> Roteiro do Grupo Focal.....	42
<b>Anexo 2:</b> Pré-teste. ....	44
<b>Anexo 3:</b> Experimento. ....	46
<b>Anexo 4:</b> Construção dos Modelos Didáticos.....	48
<b>Anexo 5:</b> Pós-teste. ....	51

## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO .....	11
2.	REVISÃO DE LITERATURA.....	13
3.	OBJETIVOS .....	20
4.	METODOLOGIA.....	21
4.1.	Técnica de Pesquisa.....	21
4.2.	Participantes e Local de Coleta de Dados da Pesquisa:.....	23
4.3.	Instrumento de Coleta de Dados: .....	23
4.4.	Etapas da Pesquisa:.....	23
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	26
5.1.	Análise do Pré-teste Referente ao Questionários Aplicado aos Participantes.....	26
5.2.	Experimentação sobre Espontaneidade de Trocas Termoenergéticas.....	29
5.3.	Análise das Falas Referente ao Modelo Didático Aplicado aos Participantes.....	31
5.4.	Análise Pós-teste Referente ao Questionários Aplicado aos Participantes.....	33
6.	CONCLUSÃO.....	39
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	40
8.	ANEXOS .....	43

## 1. INTRODUÇÃO

O conceito de entropia é de suma importância nas aulas de Química, pois este é imprescindível na compreensão de conteúdos químicos como a teoria do equilíbrio químico, cinética química, termoquímica, entre outros, sendo abordado nos níveis médio e superior de ensino. Além disso, este é usado como parâmetro para determinar a espontaneidade de reações químicas, como perceptível no artigo de Sabadini e Bianchi (2007) que trata do “Ensino do Conceito de Equilíbrio Químico”.

Nas aulas de Química, especificamente no Ensino Médio, o conceito de entropia é calcado no modelo simplista da desordem molecular, assim, restringe o entendimento mais amplo apresentado nos livros de Ensino Superior e requerido para o entendimento de diversos processos e fenômenos. Segundo Atkins (2001), popular autor de literatura universitária, entropia é “*a medida da desordem da matéria e da energia usada na termodinâmica*”. Sabatine e Bianchini (2007, p. 11) discorrem ainda que, “*a entropia é a medida do número de estados possíveis que um determinado sistema pode atingir*”.

Apesar da relevância do referido conceito na formação do conhecimento científico, verificou-se que este não tem sido discutido amplamente no âmbito das pesquisas em Ensino de Ciências, mostrando uma escassez de artigos científicos, principalmente em língua portuguesa, que tratem a entropia como tema principal. Estes trabalhos empregam o conceito apenas para explicar alguns fatos, na maioria das vezes simplesmente definindo-o. No trabalho intitulado “Ensino do Conceito de Equilíbrio Químico” de Sabadini e Bianchi (2007), o conceito de entropia não é o gerador da discussão, esse é apenas usado pelo autor para mostrar sua relevância na definição da espontaneidade das transformações químicas, voltando-se para o estudo do Equilíbrio Químico, como o próprio título já informa.

*“Para compreender a espontaneidade de reações endotérmicas (e mesmo as exotérmicas), é necessário considerar outro termo energético além da entalpia. Esse termo está relacionado com uma função chamada entropia”. (SABADINI, BIANCHI, 2007, p. 11)*

Desta forma, o presente trabalho buscou verificar como a apresentação do conceito de entropia, no Ensino Médio, interfere na compreensão adequada do mesmo. Além de verificar se esse entendimento é limitado, o que pode dificultar a resolução de alguns problemas que requerem uma abordagem mais aprofundada da entropia.

Posteriormente as análises iniciais, buscaram-se soluções para o problema em questão, através da realização de um experimento e uso de um modelo didático que auxiliem os alunos em uma compreensão mais ampla do conceito, podendo evoluir do seu entendimento como desordem molecular, passando pela dispersão de energia e, finalmente, atingindo sua compreensão como número de configurações possíveis do sistema (estados acessíveis) em uma determinada situação, como apresentado pela Termodinâmica Estatística.

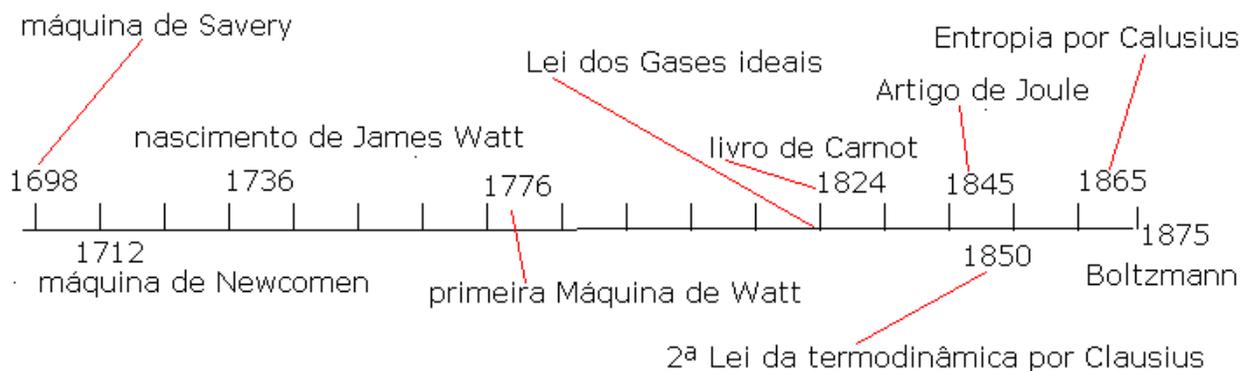
Portanto, o desenvolvimento do presente trabalho justificou-se por se tratar de um conceito de fundamental importância em Química, parâmetro que define a espontaneidade das transformações, sendo necessário seu correto entendimento para tratar casos onde apenas a mudança na desordem do sistema falha ou é limitada. Além disso, este é um trabalho original e inovador, uma vez que são escassos os trabalhos de Ensino de Ciências que tratem este assunto prioritariamente, notadamente em língua portuguesa.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

Nesta seção será apresentada uma revisão da literatura sobre o conceito termodinâmico de entropia. Em seguida, apresentaremos os principais referenciais teóricos e bibliográficos que embasam a proposta deste projeto.

A formulação do conceito de entropia pode ser considerada como uma das grandes realizações da Ciência, por permitir a formatação do corpo teórico da Termodinâmica de Equilíbrio de processos irreversíveis, uma vez que constitui a pedra fundamental da Mecânica Estatística e também exerce papel central na teoria da informação. Além de contribuir para o conhecimento de outras áreas como Filosofia, Economia e Computação, através de sua interpretação Física (BORGES, 1999).

Historicamente, o conceito de entropia surgiu pela primeira vez na metade do Século XIX, impulsionado pelo advento das máquinas térmicas que precederam o desenvolvimento teórico da Termodinâmica (BORGES, 1999). Desta maneira, fica evidente a correlação existente entre a evolução do conceito de Entropia com as leis da Termodinâmica, como mostra a **Figura 1**, na qual temos a representação de uma linha do tempo para alguns acontecimentos relevantes da Termodinâmica (SANTOS, 2008).



**Figura 1:** Linha do tempo dos principais eventos da história da termodinâmica (SANTOS, 2008).

Toda a revolução econômica e social desencadeada pela máquina de Watt aconteceu sem que se tivesse formalizado os princípios teóricos fundamentais, como o da conservação da energia ou a equivalência entre calor e trabalho mecânico (SANTOS, 2009). O livro de Carnot, que é considerado o marco mais característico da história da Termodinâmica, coloca como questão essencial o limite de rendimento das máquinas térmicas e foi publicado somente quase 100 anos depois do aparecimento das primeiras máquinas a vapor (SANTOS *et al*, 2008).

A elaboração do conceito de entropia foi considerada como um processo longo e árduo, tendo como princípio básico as experiências de Joule, que provaram a transformação quantitativa da energia mecânica em calor (MASON, 1964).

Uns dos primeiros cientistas responsáveis pelo que conhecemos hoje como Termodinâmica foi Clausius (1822-1888), em decorrência da sua aproximação da Teoria do Calor e da Teoria Cinética, ao solucionar o problema teórico da compatibilidade entre o conhecido Princípio de Carnot e o Princípio da Conservação da Energia (PEREIRA JR., 1997 *apud*. COVOLAN e SILVA, 2005). A relação existente entre calor e trabalho como formas de energia é considerada a base da Primeira Lei da Termodinâmica, e para ela Clausius afirma que:

*“[...] num processo físico a energia é sempre conservada, muito embora possa ser transformada de uma forma em outra, ou ainda: Em qualquer sistema fechado (um motor à vapor, por exemplo) o total da energia é constante.” (COVOLAN et al, 2005, p. 99).*

Com base nos estudos realizados por Carnot sobre a máquina a vapor, Clausius observa o equívoco ao pensar que o motor trabalharia somente por conta da diminuição da temperatura por parte do seu calórico (RONAN, 1987 *apud* COVOLAN e SILVA, 2005). Mesmo cometendo um equívoco entre as teorias do calórico e do calor como movimento, os estudos de Carnot tiveram uma grande relevância para o estabelecimento do Segundo Princípio da Termodinâmica, resgatado em 1848 por William Thomson (Lord Kelvin) e também por Clausius, por volta de 1850. Ambos descobriram a Segunda Lei da Termodinâmica de maneira independentemente, porém, Lord Kelvin fez sua descoberta um

pouco antes de Clausius. Apesar de seu princípio correto, sua formulação não foi devidamente adequada, por ter adotado a teoria do calórico (COVOLAN e SILVA, 2005). Logo, Clausius, concluiu a formulação termodinâmica do Princípio de Carnot, ou seja, a Segunda Lei da Termodinâmica afirmando que:

*“O calor não pode nunca passar de um corpo mais frio para um corpo mais quente sem que ocorram ao mesmo tempo mudanças associadas. Tudo que sabemos em relação à troca de calor entre dois corpos de temperaturas diferentes confirma isso, pois o calor em toda parte manifesta uma tendência em igualar diferenças de temperatura, e conseqüentemente em passar numa direção contrária, isto é, do corpo mais quente para o mais frio.” (CLAUSIUS, apud. AURANI, 1986, apud COVOLAN e SILVA, 2005, p. 100)*

A entropia é considerada um dos conceitos mais difíceis de ser entendido. Lambert (2006) apresenta este fato de que os estudantes e professores o consideram como um conceito de alta complexidade, atribuindo esta dificuldade apresentada pelos estudantes no entendimento dos princípios básicos da entropia. Fazendo um resgate histórico, até mesmo Von Neumann, matemático húngaro considerado o mais importante do século XX, afirmou que *“ninguém realmente sabe o que é entropia”* (STYER, 2008).

Apesar de ser considerado complexo e de ser definido, na maioria das vezes, associado à desordem, ao usar essa metáfora para fazer a explicação do conceito de entropia, Viard (2005) argumenta que este é um *“remédio que mata mais do que cura”* (VIARD, 2005 apud SANTOS et al, 2008). Sendo ainda tal ideia defendida por Lambert (2006), ao afirmar que a entropia não é desordem e não possui nada haver com coisas misturadas, cadeiras bagunçadas e cartas embaralhadas.

Desta forma, por volta de 1866, Ludwig Boltzmann (1844-1906) definiu de maneira quantitativa, através da Termodinâmica Estatística, essa *“desordem molecular”*. Para Boltzmann, *“o crescimento espontâneo de um sistema poderia ser relacionado com o aumento da distribuição ocasional das energias moleculares do mesmo sistema”* (MASON, 1964 apud COVOLAN e SILVA, 2005). Assim, diante da afirmativa de Boltzmann, ao passo que se dispersa energia, a entropia aumenta (BINDEL, 2004), sendo

estas as configurações mais propensas, por isso os sistemas evoluem no sentido de uma maior desordem (GILBERT, 1982 *apud* COVOLLAN e SILVA, 2005). Diante disto, Bindel (2004) conceitua entropia da seguinte maneira: “*a entropia é uma medida do grau de dispersão de energia.*”

De acordo com Santos (2008) existe um “salto” epistemológico entre dois enfoques principais para o conceito de entropia:

*“O primeiro trata apenas da irreversibilidade de alguns processos físicos, inclusive das trocas de calor e é feita uma menção de que existe um conceito que expressa essa irreversibilidade, chamado entropia, com o complemento de que, se o processo é irreversível, ocorre um aumento de entropia. O segundo enfoque é uma tentativa de fazer tratamento microscópico com elementos estatísticos, associando o conceito à desordem dos sistemas. Quanto maior a desordem do sistema, maior a entropia.” (SANTOS, 2008, p. 79)*

Ao atrelar a ideia de desordem ao conceito de entropia para permitir uma visualização, Lambert (2002) afirma que essa é “*a muleta quebrada para sustentar a entropia*”. Este autor defende ainda que a descrição do conceito de entropia deva ser ensinada a partir da análise da dependência existente entre o mesmo e a dispersão de energia (na termodinâmica clássica), através da distribuição de energia entre um enorme número de movimentos moleculares relacionados a microestados, afirmando ainda ser esta a essência do conceito de entropia (SANTOS e PERNAMBUCO, 2008).

De maneira geral, Santos e Pernambuco (2008) afirma que os alunos tendem a associar entropia à desordem. Para tentar mudar a assimilação do conceito em questão apenas como um embaralhado de coisas se faz necessária uma abordagem didática diferenciada. Para isso e apesar da dificuldade na abordagem conceitual deste conceito, a experimentação aparece como importante ferramenta didática.

A experimentação no ensino de Química tem sido defendida por diversos autores, pois constitui um recurso pedagógico importante que pode auxiliar na construção de conceitos (FERREIRA *et al.*, 2010). A utilização da experimentação em sala de aula vai depender da compreensão teórica do professor alinhada a sua finalidade. Existem várias

propostas a procura de melhores resultados para a experimentação no Ensino de Ciências (SUART *et al.*, 2008). De acordo com Giordan (1999), a experimentação pode ser conduzida de duas formas: ilustrativa e investigativamente.

Para Ferreira *et al.* (2010), a experimentação ilustrativa, na maioria das vezes, é mais fácil de ser conduzida, por ser empregada na demonstração de conceitos já discutidos, sem que haja uma problematização e discussão dos resultados experimentais (FRANCISCO JR. *et al.*, 2008). Já a experimentação investigativa é utilizada anteriormente a discussão conceitual (FRANCISCO JR. *et al.*, 2008) e busca levar os alunos a oportunidade de discutir, questionar, coletar e analisar dados (SUART *et al.*, 2008).

De acordo com Suart *et al.* (2008), “*as atividades experimentais investigativas são declaradas por diversos autores como uma estratégia capaz de promover as interações dialógicas e o desenvolvimento e manifestação de habilidades cognitivas*”. As mesmas, de acordo com Hodson (1994), devem estimular o desenvolvimento conceitual, levando os estudantes a explorarem, elaborarem e supervisionarem suas ideias, comparando-as com a aceção científica, para que haja um desenvolvimento cognitivo significativo. Esta afirmativa foi comprovada através de pesquisas que relatam a melhor compreensão do conceito por parte dos estudantes quando participam de atividades de âmbito investigativo, nas quais há suficiente oportunidade e apoio para reflexão acerca da natureza das ciências (HODSON, 1994 *apud* SUART *et al.*, 2008).

Desta forma, apresenta-se como oportuno o desenvolvimento e execução de atividades experimentais investigativas que contribuam para um melhor entendimento do conceito termodinâmico de entropia. Para isto, utilizar-se-á a estratégia de pesquisa através de Grupo Focal (GF) para a realização e aplicação da experimentação investigativa no presente projeto.

O uso de GF para coleta de dados é considerado como uma técnica qualitativa eficiente. Para Morgan (1997), a definição de GF encontra-se atrelada a ideia de uma pesquisa na qual a coleta de dados é realizada por meio das interações grupais discutivas diante de um tópico especial sugerido pelo pesquisador. Defende ainda que, o GF ocupa uma posição intermediária entre a técnica de observação participante e a da entrevista aberta, e apresenta, como qualquer outro instrumento, vantagens e desvantagens.

Gui (2003) aponta as principais vantagens e desvantagens da utilização de GF para a coleta de dados. De acordo com ele, a principal vantagem de seu uso “*é a oportunidade de observar uma grande quantidade de interação a respeito de um tema em um período de tempo limitado, podendo o pesquisador direcionar e focalizar o tema da pesquisa.*” Em contrapartida, aponta como desvantagem o fato de que a constituição de um grupo, para efeitos de pesquisa, já não representa mais um espaço natural de trocas sociais e, refere-se ainda à sua natureza de “*limitar-se ao comportamento verbal, constituindo apenas de interação em discussões de grupo, criadas e administradas pelo pesquisador*”.

Na coleta de dados realizada com base em GFs é de suma importância a presença do moderador. Alguns autores o chamam de pesquisador, como é o caso de Gui (2003), que apesar de dirigir a discussão em grupo, geralmente, não deve intervir diretamente nela, de maneira a deixar a discussão fluir naturalmente, isso ocorre a fim de se evitar que esse influencie na opinião do grupo em discussão. Porém, em alguns momentos e a depender dos objetivos que se almeje, é necessária a intervenção do moderador, conhecendo-se três formas de intervenção: direcionamento formal, tópico e das dinâmicas da interação (FLICK, 2009).

Flick (2009) ressalva ainda que a escolha de integrantes para participar dos GFs deve ser feita priorizando trabalhos com estranhos ao invés de pessoas próximas ao moderador, de maneira a reduzir a subjetividade da pesquisa, além de se iniciar com grupos heterogêneos, para posteriormente trabalhar com grupos mais homogêneos. É de extrema importância, que os integrantes do grupo estejam à vontade para expressar suas opiniões. O mesmo deixa claro que a utilização de GFs apresenta limitações na coleta de dados, uma vez que como são muitos integrantes no grupo é difícil ter um controle das falas e identificar quem as falou, por isso, aconselha-se o uso de duplas de entrevistadores (mediadores), um para mediar a discussão em grupo, e outro para fazer as anotações das entrevistas.

Além da utilização da experimentação investigativa para a melhor compreensão do conceito termodinâmico de entropia, com o aporte de GFs, o uso de modelo didático atrelado à experimentação é pertinente, pois o mesmo possibilita um amplo campo de visão para um conceito tão abstrato. De acordo com Hodson (1992), os modelos e modelagens

apresentam papel fundamental no que se diz respeito ao ensino de Ciências. Desta forma, o mesmo afirma ainda que aprender Ciências significa “*compreender o conhecimento científico conceitual*” (HODSON, 1992 *apud* FERREIRA, 2006).

Segundo Ferreira e Justi (2008) a construção de modelos mentais por parte do homem se dá através da representação do mundo físico e social, sendo o mesmo manipulado ao se pensar, planejar e tentar explicar eventos decorrentes neste mundo. Desta forma, a construção e a utilização de modelos são de extrema importância no processo de aquisição do conhecimento por parte do ser humano.

Em seus estudos sobre modelos, Gilbert e Boulter (1995) definiram o que seria um modelo:

*“[...] uma representação parcial de um objeto, evento, processo ou idéia, que é produzida com propósitos específicos como, por exemplo, facilitar a visualização; fundamentar elaboração e teste de novas idéias; e possibilitar a elaboração de explicações e previsões sobre comportamentos e propriedades do sistema modelado” (Gilbert e Boulter, 1995 *apud* FERREIRA e JUSTI, 2008, p. 32).*

Vale ressaltar que a utilização de forma incorreta destes modelos pode prejudicar o ensino e a aprendizagem. Muitas vezes o erro está na adequação do seu emprego ou na ausência de uma discussão que estabeleça suas aplicações e limitações. Apesar da riqueza que esse tipo de trabalho proporciona ao ensino de Ciências, a modelagem e suas contribuições para a aquisição de conhecimento científico é uma área recentemente posta como objeto de pesquisa, de forma que se almeja a utilização dos mesmos como fonte de mudanças no Ensino de Ciência e de todas as áreas (JUSTI e GILBERT, 2003 *apud* FERREIRA e JUSTI, 2008).

### **3. OBJETIVOS**

#### **Objetivo geral:**

- Verificar o entendimento do conceito de entropia por alunos do Curso de Química da Universidade Federal de Sergipe, Campus Profº Alberto Carvalho, que ainda não tiveram contato na graduação com disciplinas de Físico-Química e, se for o caso, auxiliá-los a superar o entendimento desse conceito unicamente como desordem posicional, permitindo a eles alcançar um nível de compreensão maior e aplicável em todas as situações.

#### **Objetivos específicos:**

- Levantar os conhecimentos trazidos pelos alunos sobre o conceito de entropia e seu entendimento/domínio sobre o mesmo;
- Permitir ao aluno a evolução da ideia de desordem posicional para o nível de dispersão da energia empregando experimentação;
- Facilitar o entendimento do conceito de entropia na sua profundidade, como o número de estados disponíveis de um sistema, através do emprego de um modelo didático.

## 4. METODOLOGIA

A metodologia aqui adotada contou com a utilização de tópicos para a melhor exposição da forma como se buscou atingir os objetivos almejados. Para isso, apresentamos tópicos que relatam a técnica de pesquisa adotada; quem são os participantes da pesquisa e local onde a coleta de dados foi realizada; quais os instrumentos de coleta empregados e as etapas da realização da pesquisa.

### 4.1. Técnica de Pesquisa

A metodologia adotada neste trabalho foi embasada na técnica de pesquisa por Grupo Focal (GF). De acordo com Gatti (2005), ao se reportar a utilização de GF como técnica para coleta de dados faz-se alusão de que ele é utilizado quando é intencionado compreender diferenças e divergências, contraposições e contradições.

Além disso, a autora endaga que a utilização de GF é pertinente quando *“há interesse não somente no que as pessoas pensam e expressam, mas também em como elas pensam e por que pensam”* (GATTI, 2005). Por isso, a utilização desta técnica de pesquisa é pertinente.

Ao se trabalhar com GF como pesquisa para a coleta de dados, de acordo com Zimmermann e Martins (2008), necessita-se um planejamento prévio para que o andamento do trabalho possibilite alcançar os objetivos almejados. Esse planejamento deve contemplar a equipe, o orçamento, o grupo, o conteúdo, a seleção do local e coleta de dados, o convite, o cronograma e a condução da sessão.

- **Equipe:** A equipe da realização do GF foi composta por duas graduandas, no papel de moderadoras, sendo as mesmas, observadoras do processo em toda sua execução. A utilização das pesquisadoras como mediadoras e observadoras, assim foi feita, por existir o interesse da participação efetiva de ambas na execução do processo.
- **Orçamento:** Nesta pesquisa, os gastos foram custeados pelas pesquisadoras.

- **Grupo:** O observador no GF possuiu a função de registrar, o que se tornou algo indispensável para o enriquecimento das análises dos dados. Recomendou-se, assim, de acordo com Chianca *apud* Gatti (2005) que o observador dividisse o processo em três etapas: abertura, em que o observador se coloca de forma a registrar o mais fielmente possível todas as informações; o desenvolvimento, no qual o grupo começou a se posicionar frente ao tema desenvolvido e; o fechamento, quando o grupo começou a formular uma síntese dos fenômenos ocorridos.
- **Conteúdo:** Foi elaborado um roteiro de todo o processo desencadeador para o alcance dos objetivos da pesquisa. Este auxílio possibilitou a progressão do GF durante as reuniões.
- **Seleção do local e Coleta de dados:** A seleção do local onde foram realizadas as reuniões do GF correspondeu a um espaço livre de barulho, de situações que possibilitassem a distração, o mesmo deveria ser ainda agradável, confortável e de fácil acesso. Este deveria possibilitar ainda o manuseio de cadeiras, as mesmas foram colocadas em “U”, para que permitisse a melhor visualização entre os participantes do grupo e as moderadoras/observadoras. Desta maneira, o local para a coleta de dados escolhido foi o próprio Campus Universitário que os participantes da pesquisa frequentam.
- **Convite:** Como o público alvo da pesquisa são alunos que cursam Química Licenciatura no Campus Profº Alberto Carvalho que não assitiram ainda nenhuma disciplina da Físico-Química, a lista com o nome desses alunos foi consultada e aos mesmos enviou-se um convite para participarem das reuniões.
- **Cronograma:** Para a realização das reuniões elaboramos um cronograma com as datas previstas dos encontros a serem realizados, como houve um imprevisto, o mesmo foi alterado.
- **Condução da sessão:** Um roteiro de atividades deve foi criado com o intuito de situar toda equipe do GF sobre o que foi desenvolvido durante todo o seu processo (**Anexo1**).

#### **4.2. Participantes e Local de Coleta de Dados da Pesquisa:**

O público alvo desta pesquisa foi composto por um GF de seis alunos do Curso de Química da Universidade Federal de Sergipe, Campus Prof<sup>o</sup> Alberto Carvalho, com faixa etária próxima e que não cursaram nenhuma disciplina da Físico-Química na graduação.

A escolha da amostra para esta pesquisa se deu por conta de serem alunos que já viram o conteúdo referente à temática deste trabalho somente no Ensino Médio. Para a coleta de dados, a técnica de pesquisa utilizada foi o GF, como já explicitado anteriormente.

#### **4.3. Instrumento de Coleta de Dados:**

Os instrumentos de coleta de dados desta pesquisa foram questionários contendo questões abertas (discursivas), gravadores de áudio, experimento e modelo didático.

#### **4.4. Etapas da Pesquisa:**

A pesquisa desenvolvida neste trabalho dividiu-se em três etapas, descritas detalhadamente a seguir:

- **1ª Etapa da Pesquisa: Pré-teste**

Inicialmente foi aplicado um questionário estruturado prévio com perguntas abertas (**Anexo 2**) com o intuito de levantar os conhecimentos prévios que os integrantes do GF possuem sobre o conceito de entropia. Segundo Ausubel *et al.* (1980), serão eles que possibilitarão uma orientação e reestruturação de novas aprendizagens. Com isto, permitem ao professor estabelecer relações com o conteúdo sobre o qual versará o processo de ensino, o que valoriza a aprendizagem e fundamenta a construção dos novos significados, possibilitando assim, uma aprendizagem mais significativa (AUSUBEL *et al.* 1980 *apud* BARATIERI *et al.*, 2008).

- **2ª Etapa da Pesquisa: Experimentação**

Nesta etapa foram realizadas reuniões entre os mediadores e os integrantes selecionados que participaram do GF, conforme descrito no **item 4.2**. A experimentação trabalhada foi uma experimentação investigativa, tomando como foco o conceito termodinâmico de entropia.

A experimentação serviu para desconstruir a ideia de entropia somente como desordem posicional, enfatizada no Ensino Médio. Para isso, realizamos um experimento (**Anexo 3**) empregando bloco de metal aquecido e água, controlando a temperatura do sistema e avaliando as trocas de energia na forma de calor. Desta forma, pretendeu-se levar os alunos a entender a entropia em outro nível, como dispersão de energia. Diante deste aspecto, Ferreira, Hartwig & Oliveira (2010, p.101) ratificam que *“a experimentação no Ensino de Química constitui um recurso pedagógico importante que pode auxiliar na construção de conceitos”* (FERREIRA, HARTWIG & OLIVEIRA, 2010 *apud* SILVA, SILVA, 2011). Durante a realização do experimento investigativo proposto foi aplicada estratégia de pesquisa de GF e, ao fim desta etapa, para avaliar essa evolução no entendimento de entropia, aplicamos outro questionário estruturado com perguntas abertas referentes a experimentação realizada.

- **3ª Etapa da Pesquisa: Modelo Didático e Pós-teste**

Com o intuito de levar os alunos a compreender a ideia mais aprofundada de entropia, referente ao número de microestados disponíveis de um sistema em uma determinada situação, aplicamos o modelo didático que foi elaborado. Este modelo foi constituído por uma representação física macroscópica de parte do sistema de interesse em nível microscópico, composto por átomos (esferas ou bolas) e suas ligações (molas ou cordões), como demonstrado em anexo (**Anexo 4**). De acordo com Clement (2000) a utilização de modelos possibilita ao aluno a visualização de conceitos abstratos, através da criação de estruturas, sendo que será por meio destas que ele irá explorar seu objeto de estudo e, assim, irá testar este modelo e estabelecerá conhecimentos flexíveis e abrangentes

(CLEMENT, 2000 *apud* FERREIRA e JUSTI, 2008). Durante a aplicação do modelo, a discussão mais ampla do conceito de entropia foi mediada via GF. Ao final desta última etapa também foi aplicado questionário estruturado com perguntas abertas intitulado Pós-teste (**Anexo 5**), sendo este aplicado com o intuito de verificar o quanto os participantes da pesquisa conseguiram compreender de tudo que foi exposto neste GF sobre entropia e seu conceito.

As respostas foram tratadas de acordo com a análise de conteúdo, que segundo Moraes (1999) apresenta como matéria-prima de estudo toda e qualquer material decorrente de comunicação verbal ou não-verbal, sendo citadas por ele os seguintes tipos de comunicação: cartas, cartazes, jornais, revistas, informes, livros, relatos auto-biográficos, discos, gravações, entrevistas, diários pessoais, filmes, fotografias, vídeos, etc.

Pacca e Villani (1990) afirmam que este tipo de análise busca a organização de dados retirados de um material bruto, assim considerado por eles, que se constrói através de categorias com significados específicos e estritamente ligados à natureza da informação que se almeja obter. Desta forma, “*categorização é um procedimento de agrupar dados considerando a parte comum existente entre eles*” (MORAES, 1999). É considerada, ainda, como facilitadora da análise de informações que deve estar fundamentada numa definição exata do problema, dos objetivos e dos elementos utilizados na análise de conteúdo (MORAES, 1999).

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta parte do trabalho serão discutidos os resultados referentes aos questionários aplicados, os quais serão descritos em quatro momentos como: **5.1.** Análise do pré-teste referente ao questionário aplicado aos participantes; **5.2.** Experimentação sobre Espontaneidade de Trocas Termoenergéticas; **5.3.** Análise das falas referente ao modelo didático aplicado aos participantes e **5.4.** Análise do pós-teste referente ao questionário aplicado aos participantes.

Os participantes desta pesquisa foram identificados pelas seguintes siglas: **A1, A2, A3, A4, A5** e **A6**. A seguir serão descritos detalhadamente os resultados obtidos por meio da aplicação de questionários e experimento.

### 5.1. Análise do Pré-teste Referente ao Questionários Aplicado aos Participantes

A seguir serão descritas as respectivas questões referentes ao pré-teste aplicado para obtenção das respostas a serem analisadas.

**Pergunta número 1:** *Suponha que tenhamos um gás ideal confinado a 1 atm num balão de 1 litro, como mostra a figura abaixo. O balão, através de uma torneira, inicialmente fechada, está ligado a outro balão de 1 litro que, também no início, está vazio. Imaginemos que a torneira seja aberta, mantendo a temperatura constante, o gás irá se expandir para o segundo balão até que a pressão nos dois balões tenha caído para 0,5 atm. Explique por que esse processo ocorre espontaneamente.*

Eis as seguintes respostas:

**A1:** “Isso acontece por que quando abre a torneira o gás evapora, sendo que um outro balão está ligado e há a transferência.”

**A2:** “Porque o gás tem a tendência de expandir e ocupar toda a área dos balões.”

**A3:** “Por causa que no estado gasoso, a tendência é que as ficam muito afastadas ocorrendo a expansão e a queda de temperatura.”

**A4:** “Pois o aumento a área em que o gás está armazenado, como não se altera a temperatura a pressão tende a cair.”

**A5:** “Por que no estado gasoso, as moléculas estão muito afastadas uma da outra, não havendo interação.”

**A6:** “Isso ocorre porque quando torneira for aberta, o gás vai ocupar todo o espaço dos dois recipientes, ocupando todo espaço.”

Analisando as respostas acima, podemos perceber que os alunos **A2**, **A3**, **A5** e **A6** conseguiram ter uma visão comportamental das moléculas gasosas, por descreverem que as mesmas encontram-se afastadas, mesmo estando em um dos balões, mas que este afastamento aumenta quando a torneira é aberta, proporcionando assim uma expansão maior deste gás. Já **A4**, consegue enxergar que o aumento da “área” (volume) de expansão do gás não sofre influência da temperatura e da pressão, pois não foram realizadas alterações nestas grandezas físicas. No entanto, **A1** apresentou uma ideia de transferência do gás, isso através da evaporação do mesmo. Desta forma, percebemos que alguns dos alunos apresentam sim uma visão de organização molecular do gás, mas que apesar disso, não conseguem levar a explicação do processo para um nível de desordem como alguns professores abordam no conceito de entropia.

**Pergunta número 2:** *Em países frios, é normal que no inverno as águas dos lagos e rios congelem (passem do estado líquido para o sólido) de forma espontânea, como podemos explicar a espontaneidade do processo mesmo sabendo que as moléculas tenderão a ficar mais ordenadas no estado sólido.*

A seguir apresentam-se as respostas:

**A1:** “as moléculas de água elas no estado sólido tendem a ficar mais próximas umas das outras sendo assim no estado líquido ela está numa temperatura, quando muda para o estado sólido esta temperatura diminui, e forma um sólido.”

**A2:** “Por causa da baixa temperatura as moléculas vão perdendo movimento e se aproximando até condensar.”

**A3:** “Porque a água está passando por um processo de solidificação e as moléculas se ordenam tornando-se sólidas.”

**A4:** “Pois quanto menor a temperatura maior será a pressão assim os átomos tendem a ficar mais juntos.”

**A5:** “É explicada pelo processo de solidificação da água, em que água no estado líquido perde para o ambiente e passa para o sólido.”

**A6:** “O que acontece é que em temperatura baixa, as moléculas estão bem próximas e quando aumenta-se a temperatura as moléculas se afastam formando líquido.”

De posse das respostas acima apresentadas, observamos que grande parte dos alunos conseguiu associar a espontaneidade do processo de solidificação da água através da diminuição da temperatura, relatando ainda que as moléculas de água quando passam para este estado físico tendem a se reorganizar e ficam mais ordenadas. O aluno **A4** conseguiu ter essa visão de reorganização decorrente da alteração da temperatura, mas ressaltou que esta mudança térmica está relacionada com a variação da pressão, descrevendo ainda, diferentemente dos demais, que a organização aqui descrita ocorre entre os átomos e não entre as moléculas de água. Já **A5** deixa clara a ocorrência da mudança de estado físico da água, mas não fala do comportamento molecular envolvido no mesmo.

Apesar da visão de reorganização molecular e transição de estados físicos da água, os alunos não conseguiram associar tal espontaneidade do processo com a dispersão de energia entre o sistema e a vizinhança, que ocorre através do aumento significativo da entropia da vizinhança e diminuição da entropia do sistema, ocasionando assim, uma reorganização molecular, e como decorrência deste aumento da entropia da vizinhança e diminuição da entropia do sistema, tem-se um aumento da entropia do universo e, desta forma, temos uma espontaneidade no processo de solidificação da água em temperaturas abaixo de zero graus Celcius.

**Pergunta número 3:** *Quando pegamos um copo com água gelada para beber, percebemos que sentimos a mão gelar, isso ocorre porque haverá transferência de calor de maneira espontânea do corpo de maior temperatura (mão: corpo A) para o de menor temperatura (água gelada: corpo B). Como você pode explicar tal espontaneidade uma vez que os sistemas permanecem no mesmo estado físico.*

Abaixo, seguiram-se as respostas:

**A1:** “isso ocorre porque o corpo tem temperatura alta e a água no seu estado líquido com sólido está numa baixa temperatura tendo um choque de temperatura.”

**A2:** “Porque os dois corpos tendem a adquirir um equilíbrio de temperatura.”

**A3:** “Porque o corpo A irá ceder muito calor e, no entanto, o corpo de menor temperatura vai absorver, fazendo com que o corpo B roube calor de A.”

**A4:** “pois o corpo de maior energia tende a cair e o de menor energia tende a receber para assim poder alcançar a estabilidade do meio.”

**A5:** “O calor transferido para o corpo B não foi suficiente para mudar o estado físico.”

**A6:** “Haverá transferência de calor da mão (maior temperatura) para o de menor (água gelada) até que os dois tenham a mesma temperatura no equilíbrio.”

Alguns alunos associaram a espontaneidade do processo com o fato de a transferência de calor do corpo de maior temperatura para o de menor tender ao equilíbrio, isso pode ser visto nas falas dos alunos **A2**, **A4** e **A6**. O aluno **A3**, a partir de sua resposta, disse que o corpo A irá ceder calor para o corpo B, porém ele não conseguiu detalhar a resposta mostrando como isso ocorre no processo tornando-o espontâneo. Os alunos **A1** e **A5** associam a espontaneidade com as mudanças de estado físico, sendo que o aluno **A5** acredita que o processo é espontâneo por não levar a uma mudança de estado físico. Nenhum aluno conseguiu detalhar a razão da espontaneidade do processo estar ligada com o aumento significativo da entropia da vizinhança e com aumento total da entropia do universo.

## **5.2. Experimentação sobre Espontaneidade de Trocas Termoenergéticas**

A seguir serão descritas as respectivas questões sobre a experimentação (**Anexo 3**) realizada.

**Pergunta número 1:** *Ao colocar o bloco de metal aquecido dentro do béquer com água, o que foi possível observar?*

**A1:** “que a temperatura aumentou, mas que o líquido não mudou de fenômeno. ex: gasoso.”

**A2:** “Liberação de gás, e o aumento espontâneo da temperatura.”

**A3:** “Que houve um aumento na temperatura, que inicialmente era 20°C e após passou para 30°C com alteração espontânea.”

**A4:** “que a temperatura da água que era de 20°C aumentou.”

**A5:** “o bloco de metal transferiu calor para água, aumentando a energia, ou seja, houve agitação das partículas.”

**A6:** “Haverá aumento da temperatura da água.”

Todos os alunos apresentaram como indício o aumento de temperatura, sendo que os alunos **A2** e **A3** trataram o fenômeno como algo espontâneo, o aluno **A5** conseguiu

aprofundar a resposta, relatando a transferência de calor do bloco de metal para água, além de falar no aumento de energia e agitação das partículas.

**Pergunta número 2:** *Diante do que foi visto, é possível dizer se houve uma desordem maior do sistema antes ou depois de adicionarmos o bloco de metal aquecido?*

**A1:** “sim ocorre uma desordem, pois as moléculas se afastam das outras por influencia da temperatura.”

**A2:** “Depois de colocar o metal aquecido.”

**A3:** “Sim, depois da esfera metálica ser aquecida com alteração na temperatura.”

**A4:** “Houve uma desordem do sistema depois de colocar o bloco de metal aquecido.”

**A5:** “o bloco de metal transferiu calor para água, aumentando a energia, ou seja, houve agitação das partículas.”

**A6:** “Depois de colocar o metal na água.”

Todos os alunos responderam que houve um aumento da desordem do sistema após colocar o bloco de metal na água, porém a maioria não conseguiu aprofundar o porquê da resposta. Apenas o aluno **A4** conseguiu detalhar a resposta explicando que esse aumento da desordem é decorrente do aumento da energia que ocasiona o aumento da agitação das partículas.

**Pergunta número 3:** *Pra onde vai o calor do bloco quente? Como isso influência na desordem do sistema?*

**A1:** “para a água, assim que o bloco metal quente entra em contato com a água as moléculas ficam agitadas.”

**A2:** “para a água, vai aumentar a energia das moléculas da água.”

**A3:** “Para a água, ou seja, irá ocorrer um aquecimento, transferência de calor.”

**A4:** “o calor é transferido para a água, assim como a água tem sua energia aumentada, os elétrons tendem a desordenar tornando o sistema desordenado.”

**A5:** “o calor passa para água. Quanto mais calor fornecido ao sistema, maior desordem ocorre por causa da agitação das moléculas.”

**A6:** “o calor vai para água, aumentando a energia das moléculas da água e assim aumentando a desordem.”

Todos os alunos responderam corretamente dizendo que o calor fornecido ao bloco quente é transferido para a água. Os alunos **A2** e **A4** conseguiram compreender que a energia da água é aumentada e isso é o que causa do desordenamento do sistema, porém

não foram capazes de detalhar como essa energia provoca a desordem do sistema. O aluno **A5** foi o que mais conseguiu explicar essa espontaneidade, dizendo que quanto mais calor fornecido ao sistema, maior a desordem, justificando que isso decorre da agitação das moléculas.

**Pergunta número 4:** *É perceptível que há uma desordem do sistema, mas como ocorre essa desordem?*

**A1:** “isso ocorre com o aumento da temperatura, sendo assim as moléculas se agitam e se afastam.”

**A2:** “com um aumento da temperatura do sistema.”

**A3:** “após o aquecimento o calor a esfera sobre a água podemos observar a transferência de calor entre os corpos.”

**A4:** “Não é perceptível, essa desordem ocorre em um meio molecular imperceptível ao olho humano.”

**A5:** “As partículas ficam em movimento com mais agitação.”

**A6:** “quando aumenta a temperatura do sistema.”

Com exceção do aluno **A4**, que respondeu não ser perceptível a desordem no sistema a olho nu, os demais alunos afirmaram que houve uma desordem no sistema, os alunos **A1** e **A5** associaram esse aumento da desordem com o aumento da maior agitação das partículas, porém o aluno **A1** disse ainda que as moléculas agitam-se e também se afastam.

### **5.3. Análise das Falas Referente ao Modelo Didático Aplicado aos Participantes**

O conceito de entropia exige do aluno um entendimento relativo do que acontece no nível microscópico da matéria, sendo assim, este apresenta uma alta complexidade no nível operacional abstrato. Para melhor avaliação dos resultados desta etapa do trabalho os mesmos foram categorizados. As falas dos participantes desta pesquisa foram submetidas às seguintes categorias: **(i)** Termoquímica; **(ii)** Termodinâmica; **(iii)** Cinética Química; **(iv)** Equilíbrio Químico, conforme sugerido por Bardin (2000, s/p) em que “*a categorização é uma operação de classificação de elementos constitutivos de um conjunto, por diferenciação e, seguidamente, por reagrupamentos segundo o gênero com critérios previamente definidos*”. A seguir serão categorizadas e discutidas as falas obtidas no discurso dos participantes da pesquisa durante a realização do GF. Estas falas foram

apresentadas pelos participantes durante a apresentação do modelo didático representacional para o sólido e o líquido.

**Quadro 1:** Categorização das falas dos participantes da pesquisa.

<b>Categorias</b>	<b>Subcategorias</b>	<b>Falas dos Participantes</b>
<b>(i)</b> Termoquímica	Entalpia	<b>A1:</b> “Entalpia, porque é o conceito que está ligado a espontaneidade da reação.”
	Energia	<b>A1:</b> “Isso tudo tem haver com processos endotérmicos e exotérmicos.” <b>A4:</b> “É porque aquecendo o metal você tá fornecendo energia a ele, só que quando ele entra no meio com a água ai vai ter que alcançar estabilidade né, por isso que há transferência do meio menos energético, a água né, com a bolinha de metal.”
<b>(ii)</b> Termodinâmica	Espontaneidade	<b>A4:</b> “Espontaneidade eu acho que deve ocorrer porque não há alteração de estado, foi uma troca de energia sem alteração do estado.”
	Temperatura	<b>A1:</b> “Não é espontâneo, porque você teve que aquecer a bola pra que a temperatura aumentasse.” <b>A1:</b> “Eu acho que o gelo vai derreter porque entra em contato com a temperatura ambiente, ai às vezes tá 30°C ai derrete mais rápido, vai depender da temperatura ambiente.” <b>A1:</b> “Sim por causa da energia, porque quando se coloca energia no caso do gelo as moléculas além de vibrar vão deslocar por causa do aumento da temperatura.” <b>A1:</b> “Com influência da temperatura, de estado e temperatura, além de vibrar elas se movimentam.”
	Pressão	<b>A4:</b> “Abaixa a temperatura, aumenta a pressão.”
	Interações Moleculares	<b>A1:</b> “Há um aumento de energia, porque as moléculas estão agrupadas e só vão vibrar.” <b>A2:</b> “Pra ficar líquida ela ganha energia que a molécula vai vibrar mais e vai se expandir mais.” <b>A4:</b> “Então no estado sólido há essa perda de energia, ai com essa perda de energia vai perder, as moléculas se afastam mais.” <b>A2:</b> “Porque as moléculas aqui estão mais espalhadas, tem mais mobilidade.” <b>A1:</b> “Porque ela vibra e desloca e no sólido ela só vibra.” <b>A2:</b> “Ela vibra e vai passar a se deslocar, separar um pouco mais, começam a ficar mais soltas.” <b>A1:</b> “No caso, ela vai deslocar porque ela passa de nível, ai ela passa desse e ela se desloca.” <b>A2:</b> “Estão vibrando e rodando.” <b>A1:</b> “Vão desagrupar e vai ser uma desordem.” <b>A4:</b> “Quanto menor a energia, mais organizado.” <b>A1:</b> “É tipo no estado sólido, ela só vibra e no estado líquido vibra e desloca.”
<b>(iii)</b> Cinética Química	Velocidade de Reação	<b>A5:</b> “Velocidades são iguais e formam reagentes e produtos.”
<b>(iv)</b> Equilíbrio Químico	Espontaneidade	<b>A5:</b> “Porque no equilíbrio químico a espontaneidade se dá porque esta no mesmo estado físico, no não-espontâneo esta em estado diferente.”

Analisando o quadro acima, observamos que na categoria **(i)** de acordo com a fala de **A1**, no que se refere ao conceito entalpia, esta destacou a espontaneidade, porém não cita o conteúdo energético das substâncias químicas e as trocas térmicas envolvidas numa reação, o que favorece microscopicamente as quebras e formação de ligações químicas e mudanças de fases e de estado físico da matéria. Entretanto, no que concerne a energia, **A1** discorre sobre mudanças de fases de estado físico em processos envolvendo energia, no caso absorção e liberação de energia, já **A4** discorre que a energia envolvida no processo é decorrente do fornecimento de calor.

Já em **(ii)** os participantes da pesquisa tabalham a ideia da termodinâmica bem, pois de acordo com Sabatine e Bianchini (2007, p. 10), os conceitos derivados da termodinâmica são bem difundidos entre os estudantes. Por isso os termos espontaneidade, pressão, temperatura e interações moleculares são citados e se relacionam na tentativa de entender o conceito de entropia, “*é a medida do número de estados possíveis que um determinado sistema pode atingir*” (SABATINE e BIANCHINI 2007, p. 11), mas estes deveriam ser claros e concisos, uma vez que há a necessidade da compreensão do nível molecular e da influência do fornecimento de energia para o sistema, isto para que os alunos ultrapassem a ideia de que entropia esta relacionada com desordem posicional, como afirma Lambert (2006) “*entropia não é desordem nem tem nada a ver com coisas misturadas, como cadeiras desarrumadas e cartas embaralhadas*”.

Em **(iii)** e **(iv)** percebemos uma relação nas falas de **A5** para os conteúdos de Cinética Química e Equilíbrio Químico, demonstrando a interface interdisciplinar da Termodinâmica, destacando a reversibilidade e velocidade com a espontaneidade da reação. Tal relação é decorrente do fato que, de acordo com Sabadini e Bianchini (2007) “*os livros-textos que abordam o conceito de Equilíbrio Químico, sob o ponto de vista da Cinética Química, deixam de apresentar aos leitores o fato de que as reações químicas são regidas pelas leis universais que descrevem as transformações da natureza*”.

#### **5.4. Análise Pós-teste Referente ao Questionários Aplicado aos Participantes**

Neste quarto momento serão descritas ainda as respectivas questões referentes ao pós-teste aplicado para a obtenção das respostas a serem analisadas.

**Pergunta número 1:** *Leia o texto abaixo para posteriormente responder as questões que o seguem:*

*Como visto na 1ª Lei da Termodinâmica que está relacionada com a conservação de energia, ou seja, podemos dizer que a energia nem é criada nem destruída em qualquer processo, e sim pode ser trocada entre um sistema e suas vizinhanças, ou convertida de uma forma em outra, mas o total de energia permanece constante. Então não podemos saber se determinado processo ocorre espontaneamente analisando a energia envolvida nos processos já que essa permanece constante. Diz-se que um processo é espontâneo quando ocorre sem a intervenção de agentes externos. Um parâmetro muito utilizado para determinar a espontaneidade das reações químicas é a entropia ( $S$ ), onde constata-se que a direção natural do sistema e sua vizinhança (que juntos formam o “universo”) é de ir da ordem para uma maior entropia.*

*Explique por que um gás expande espontaneamente?*

Segue abaixo as respostas:

**A1:** “Por causa da grande pressão que ele possui sendo que quando é liberada acontece o processo de espontâneo.”

**A2:** “Porque a uma oscilação de temperatura, fazendo com que diminuam níveis de energia.”

**A3:** “Devido à contribuição da energia.”

**A4:** “Pois ele absorve energia do meio externo, ou seja, da sua vizinhança para permanecer constante.”

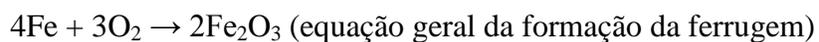
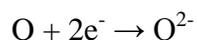
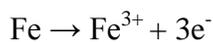
**A5:** “Por que há ganho de energia do sistema.”

**A6:** “Porque o gás receberá energia e irá expandir.”

De acordo com as respostas acima, os alunos não conseguiram explicar como ocorre a espontaneidade da expansão gasosa no nível molecular. Se observarmos bem, veremos que há uma confusão entre esta espontaneidade e a influência das grandezas físicas pressão e temperatura. O aluno **A1** afirma que o processo de expansão do gás é de fato espontâneo, mas explica isso com base na variação da pressão. Se formos analisar sua explicação, a mesma encontra-se coerente, pois o aluno conseguiu associar essa menor pressão com um maior volume em que as moléculas poderiam estar, porém não chegou ao ponto de associar isto ao nível de organização das moléculas no sistema, de acordo com o que rege o conceito de entropia. Os alunos **A2**, **A3**, **A4**, **A5** e **A6** justificaram a expansão espontânea do gás através da relação com a energia, mas de maneiras diferentes: **A2** fala da energia de acordo

com a sua diminuição em seus níveis, isso decorrente da variação da temperatura, **A3** diz que há uma contribuição da energia, por isso tal expansão gasosa tende a ocorrer espontaneamente, **A4** aborda a ideia de que para a ocorrência de tal expansão, necessitou-se de uma absorção de energia da vizinhança do meu sistema e **A5** e **A6** relata somente que há um ganho de energia pra que o mesmo ocorra.

**Pergunta número 2:** *Sabendo que temos um pedaço de determinado metal (ferro) e esse em exposição ao ar enferruja, por que nesse caso temos um processo espontâneo, considerando que o metal após a reação para formação da ferrugem continuará no estado sólido, como você explica essa espontaneidade? Simplificadamente, temos que:*



Eis as respostas:

**A1:** “Está no estado sólido, porque não entrou em contato com água.”

**A2:** “Há uma interação com o ar formando uma reação química, produzindo a ferrugem.”

**A3:** “Porque vai se oxidar.”

**A4:** “Pois a formação da ferrugem é um processo de oxidação e o ferro para oxidar precisa do meio externo assim havendo troca de calor.”

**A5:** “Devido a oxidação do metal.”

**A6:** “Porque o prego irá oxidar.”

Analisando as respostas acima, nenhum dos alunos conseguiu agregar a formação da ferrugem com a ideia de espontaneidade, se ateram somente aos aspectos fenomenológicos, a oxidação do ferro em contato com a água e com o ar, e nada mais além disso. Uma vez que tal processo é espontâneo, e é possível fazer uma previsão da diminuição da entropia do sistema, de contra partida há um aumento da entropia da vizinhança, aumentando assim a entropia do universo, tornando tal reação de oxidação viável, ou seja, espontânea. O que mais se aproximou desta visão foi o **A4**, por conseguir

ver a viabilidade da espontaneidade da reação através da necessidade da interação com o meio externo, a vizinhança.

**Pergunta número 3:** *Suponha que temos dois blocos de metal, e que por serem sólidos metálicos possuem uma estrutura com átomos extremamente ordenados, sendo que um dos blocos está com uma maior temperatura e outro com menor temperatura e que coloquemos os dois em contato, nesse caso, ao entrar em contato haverá passagem de calor do corpo de maior temperatura para o de menor espontaneamente. Explique por que temos um processo espontâneo já que os dois blocos de metal continuam com a estrutura inalterada.*

Abaixo seguem as respostas:

**A1:** “Por influência da temperatura.”

**A2:** “Há formação de equilíbrio de calor, fazendo com que as moléculas do sólido mais quente forneça energia para o sólido mais frio, para alcançar a estabilidade.”

**A3:** “Porque há uma passagem de energia envolvendo as extremidades.”

**A4:** “Pois a energia do meio externo é menor, assim tem que acontecer a troca de energia para alcançar a estabilidade.”

**A5:** “Por que há transferência de energia.”

**A6:** “Haverá uma passagem de energia do sólido mais frio para o mais quente.”

Observando as respostas, vimos que todos os alunos, com exceção do **A1** que justificou ser decorrência da influência da temperatura, tentaram explicar a espontaneidade do processo usando o conceito de energia, porém não conseguiram explicar de maneira detalhada como tal processo de transferência de energia ocorre. Apenas o **A2** conseguiu se aproximar da explicação mais coerente para a espontaneidade do processo, uma vez que ele conseguiu entender que a passagem de energia do sólido mais quente para o mais frio é fator primordial para espontaneidade. Porém este também não conseguiu aprofundar a sua explicação e entender que a medida que há a troca de calor do corpo mais quente para o mais frio diminui a entropia do mais quente, porém aumenta a entropia do corpo mais frio, sendo que é a mesma quantidade de calor perdida e recebida pela vizinhança e o que aumenta é a dispersão da energia, entre os dois corpos, ao final do processo.

**Pergunta número 4:** *Considere dois recipientes com determinado gás (ex: gás neônio), no recipiente 1 o gás encontra-se na temperatura de 50°C e no recipiente 2 o gás se encontra na temperatura de 100°C. Nos dois casos, percebe-se que há uma grande desordem das moléculas dos gases, mas sabe-se que no recipiente em que o gás está há uma temperatura de 100°C a entropia é maior. Explique porque é possível afirmar que o recipiente 2 apresenta maior entropia uma vez que em ambos os casos temos um sistema desorganizado e não é possível distinguir o grau de desordem.*

A seguir as respostas:

**A1:** “O recipiente 2 está com desordem porque a temperatura é maior, e as moléculas estão vibrando e se deslocando, e quanto que o recipiente 1, está em menor energia e as moléculas só vibram.”

**A2:** “Porque recebeu mais energia aticando mais as moléculas e aumentando ainda mais o seu movimento.”

**A3:** “Devido a não intervenção de agentes externos.”

**A4:** “pois sua temperatura é maior no meio, assim as moléculas tem mais energia.”

**A5:** “Por causa da intervenção de agentes internos.”

**A6:** “No recipiente 2 a desordem é maior por que as moléculas podem fazer mais de um movimento, podem vibrar e mudar de lugar, já no recipiente 1 elas podem só vibrar.”

Os alunos **A1**, **A2** e **A4** conseguiram enxergar que a organização das moléculas no sistema está interligada a energia que o mesmo possui, **A4** ainda respondeu que essa desordem maior ocorre porque o recipiente está com uma temperatura maior, logo as moléculas têm mais energia, porém ele não conseguiu detalhar como esse aumento na energia das moléculas contribui para o aumento na desordem, já os alunos **A1** e **A2** além de conseguirem compreender esse aumento da desordem, foram capazes de explicar que esse está associado aos movimentos que a molécula pode fazer a medida que recebe essa energia, o aluno **A1** ainda conseguiu responder a pergunta mostrando que no recipiente 2, onde a temperatura é maior, as moléculas poderiam realizar dois tipos de movimentos o de vibração e de translação, enquanto que no recipiente com temperatura menor as moléculas poderiam apenas vibrar e que isso explica o desordenamento maior do sistema 2, apesar de no caso acima, por termos um gás atômico que só pode realizar o movimento de translação, não como as molécula da água, por exemplo, que pode realizar mais movimentos (vibração,

rotação, translação), essa fala do aluno já demonstra que a partir da aplicação do modelo, o aluno já consegue superar a idéia de entropia apenas como desordem posicional partindo para uma visão de entropia associada com o número de movimentos que as moléculas conseguem realizar com determinada quantidade de energia. Já **A3** e **A5** não conseguiram a mesma visão dos demais, relatando somente que há a intervenção de agentes sem especificar quais seriam.

## 6. CONCLUSÃO

O conceito de entropia na maioria dos livros didáticos de Química está definido de modo inadequado, exatamente neste que continua sendo um material pedagógico de grande centralidade no ensino, pois é por meio dele que o professor organiza, planeja e executa suas aulas.

No decorrer da aplicação desta pesquisa, notou-se que os participantes inicialmente apresentavam a concepção de espontaneidade dos processos, explanados no pré-teste, relacionado com a desordem posicional das moléculas, sendo que após a realização do experimento e apresentação do modelo didático, foi perceptível verificar que os participantes da pesquisa conseguiram superar o entendimento de espontaneidade apenas como desordem posicional, apesar de não citar o nome entropia, por não ter base conceitual para tal, mas apesar disso, conseguiram entender esse processo de como a energia envolvida nos processos e como essa energia é utilizada pelos átomos ou moléculas na realização de movimentos, sendo isto verificado a partir das falas destes durante a apresentação do modelo didático e, ainda, através de suas respostas no pós-teste.

Concluimos que a compreensão da espontaneidade de fenômenos naturais requer dos participantes da pesquisa um maior entendimento sobre a distribuição e transformação da energia num dado sistema, o que é enunciado pelo Teorema da Conservação de Energia, onde a energia não pode ser destruída, apenas podendo ser transformada ou transferida de um dado sistema para outro. Nesse entendimento, podemos advogar que a entropia não pode estar somente relacionada à desordem de um sistema, mas ao somatório de energias envolvidas num sistema e sua distribuição. Fato este que pudemos comprovar já que os participantes ainda não conseguiram formular um entendimento adequado deste conceito. Porém, há indícios de que alguns participantes se aproximaram da ideia de que energia pode se distribuir, sendo este um fator preponderante para o entendimento dos vários estados que um sistema pode apresentar. Por fim, percebemos que a construção e utilização de modelos didáticos auxiliam num melhor entendimento dos diferentes estados da matéria, o que facilita a observação da distribuição da energia adicionada em termos de movimentos moleculares, internamente associados ao aumento de entropia.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ATKINS, P.; **Físico-Química Fundamentos**. 3ª Edição. Rio de Janeiro: LTC, 2001.

BARDIN, Laurence. **Análise de Conteúdo**. Edição 70, Lisboa, Portugal, 2000.

BARATIERI, S. M.; BASSO, N. R. de S.; BORGES, R. M. R.; FILHO, J. B. da R.; Opinião dos Estudantes Sobre a Experimentação em Química no Ensino Médio (Students' opinion about chemistry experimentation in high school classes). 2008. **Experiências em Ensino de Ciências**, v(3). 3, p. 19-31, 2008.

BINDEL, T. H.; Teaching Entropy Analysis in the First-Year High School Course and Beyond. 2004. **Journal of Chemical Education**, v. 81, n. 11, p. 1585-1594, November 2004.

BORGES, E. P.; Irreversibilidade, Desordem e Incerteza: Três Visões da Generalização do Conceito de Entropia. 1999. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 21, n. 4, p. 453-463, Dezembro, 1999.

COVOLAN, S. C. T.; SILVA, D. da; A Entropia No Ensino Médio: Utilizando Concepções Prévias Dos Estudantes e Aspectos Da Evolução Do Conceito (Entropy in High Schools: using students spontaneous reasoning and aspects of the concept evolution). 2005. **Ciência & Educação**, v. 11, n. 1, p. 98-117, 2005.

FERREIRA, L. H.; HARTWIG, D. R.; OLIVEIRA, R. C. de; Ensino Experimental de Química: Uma Abordagem Investigativa Contextualizada. 2010. **Química Nova na Escola**, v. 32, n. 2, p. 101-106, Maio, 2010.

FERREIRA, P. F. M.; **Modelagem e suas Contribuições para o Ensino de Ciências: Uma análise do estudo de Equilíbrio Químico**. Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais. Tese de Mestrado, Belo Horizonte, 2006.

FERREIRA, P. F. M.; JUSTI, R. da S.; Modelagem e o "Fazer Ciência". 2008. **Química Nova na Escola**, n. 28, p. 32-36, Maio, 2008.

FLICK, U.; **Introdução à pesquisa qualitativa**. 3ª Edição. Porto Alegre: Artmed, 2009.

FRANCISCO JR., W. E.; FERREIRA, L. H.; HARTWIG, D. R.; Experimentação Problematizadora: fundamentos teóricos e práticos para a aplicação em salas de aula de ciências. 2008. **Química Nova na Escola**, n. 30, p. 34-41, Novembro, 2008.

GATTI, B. A.; **Grupo focal na pesquisa em ciências sociais e humanas**. Brasília: Líber Livro, 2005.

GIORDAN, M. O papel da experimentação no ensino de ciências. 1999. **Química Nova na Escola**, n. 10, p. 43-49, 1999.

GUI, R. T.; Grupo focal em pesquisa qualitativa aplicada: intersubjetividade e construção de sentido. 2003. **Revista Psicologia: Organizações e Trabalho**, v. 3, n. 1, p. 135-160, 2003.

LAMBERT, F. L.; Entropy Is Simple, Qualitatively. 2002. **Journal of Chemical Education**, v. 79, n. 10, p. 1241-1246, Outubro, 2002.

LAMBERT, F.; Disorder – Cracked crutch for Supporting Entropy Discussions. **Journal of Chemical Education**, v 49, n. 2, p. 187-192, Fevereiro, 2002.

MASON, S. F.; **História da ciência**: as principais correntes do pensamento científico. Rio de Janeiro: Globo, 1964.

MONTEIRO, M. A. A.; GERMANO, J. S. E.; Proposta De Atividade Para Abordagem Do Conceito De Entropia. 2009. **Cad. Bras. Ens. Fís.**, v. 26, n. 2, p. 367-378, Agosto, 2009.

MORGAN, D.; **Focus Groups as Qualitative Research**. 1997. Disponível em: <<http://books.google.com.br/books?id=iBJZusd1GocC&pg=PA3&lpg=PR5&ots=mxPjfHeEV1&dq=morgan+1997+focus+groups+as+qualitative+research&lr=&hl=pt-BR#v=onepage&q&f=false>>. Acesso em: 28 de março de 2013, às 02:25.

MORAES, R.; Análise de conteúdo. **Revista Educação**, Porto Alegre, v. 22, n. 37, p. 7-32, 1999.

PACCA, J. L. A.; VILLANI, A.; Categorias De Análise Nas Pesquisas Sobre Conceitos Alternativos. **Revista de Ensino de Física**, São Paulo, v. 12, p. 123-138, 1990.

SANTOS, Z. T. S. dos; Conteúdo De Entropia Na Física Do Ensino Médio: Análise Do Material Didático E Abordagem Histórica. 2008. **Holos**, ano 24, v. 3, p. 76-84, 2008.

SANTOS, Z. T. S. dos; **Ensino de Entropia: um enfoque histórico e epistemológico**. Centro de Ciências Sociais Aplicadas, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Tese de Doutorado, Rio Grande do Norte, 2009.

SANTOS, Z. T. S. dos; PERNAMBUCO, M. M. C. A.; Uma Perspectiva Histórica e Epistemológica para o Ensino de Entropia no Ensino Médio (Teaching Entropy In A Historical And Epistemological Perspective For High School Level). 2008. **XI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física**, p. 1-11, 2008.

SILVA, A. D. L. da,; SILVA, I. R. da,; A Experimentação como Ferramenta Didática no Ensino De Química. 2011. **9º Simpósio Brasileiro de Educação Química (SIMPEQUI)**, 2011.

STYER, D. F.; Entropy and evolution. 2008. **Am. J. Phys.**, v. 76, n. 11, p. 1031-1033, November 2008.

SUART, R. de C.; MARCONDES, M. E. R.; Atividades experimentais investigativas: habilidades cognitivas manifestadas por alunos do ensino médio. 2008. **XIV Encontro Nacional de Ensino de Química (XIV ENEQ)**, p. 1-12, 2008.

SUART, R. de C.; MARCONDES, M. E. R.; CARMO, M. P. do; Atividades Experimentais Investigativas: utilizando a energia envolvida nas reações químicas para o desenvolvimento de habilidades cognitivas (Inquiry Laboratory Work: using the energy involved in the chemistry reactions to the development of cognitive skills). 2009. **VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (VII Enpec)**, p. 1-12, 2009.

ZIMMERMANN, M. H.; MARTINS, P. L. O.; Grupo Focal na Pesquisa Qualitativa: Relato de Experiência. 2008. **VIII Congresso Nacional de Educação (EDUCERE) e III Congresso Ibero-Americano (CIAVE)**, p. 12115-12125, 2008.

## 8. ANEXOS

### Anexo 1: Roteiro do Grupo Focal.

#### *1º Momento:*

A princípio será feita uma breve apresentação entre os participantes do Grupo Focal (GF), além da execução de um roteiro de como cada um deve se portar para que a possamos ter uma participação efetiva e organizada de todos. Será feito ainda, explicação sobre tudo que iremos discutir dentro do GF montado.

Feitas as devidas explicações, iremos pedir aos participantes da pesquisa que respondam um questionário prévio (Pré-teste) para que possamos averiguar quais os conhecimentos trazidos pelos mesmos.

- **Pré-teste;**

Feito a aplicação do questionário prévio, começaremos a explicar o passo a passo do experimento a ser realizado, cujo intuito é leva-los a ver que o conceito de entropia como desordem não se aplica em alguns casos. Após isso, o experimento será realizado.

- **Experimento;**

Para que haja uma discussão do que foi observado no experimento, após a execução do mesmo, iremos gerar uma discussão com base em um questionário sobre o experimento.

- **Questionamentos sobre o experimento através do diálogo.**

Feito as discussões, iremos fazer um curto relato do que será visto no próximo encontro do GF.

#### *2º Momento:*

Voltaremos a explicar as regrinhas expostas no encontro anterior. Feito isso, apresentaremos o modelo didático a ser utilizado nesse nosso encontro, mas antes

expressaremos o que seria um modelo didático e qual seu intuito quanto a sua utilização no ensino.

- **Apresentar o modelo didático;**

Apresentado o modelo, iremos levar os alunos a expressarem o que eles tem de conhecimento sobre o conceito de entropia, para isso usaremos as seguintes indagações e questionamentos:

1. O que acontece quando se fornece energia para o sólido e o líquido?
2. E na temperatura ambiente? É espontâneo?
3. E a energia? Pra onde foi?

*3º Momento:*

Feita a apresentação do modelo e os questionamentos aos participantes, agora iremos leva-los a entender o conceito de entropia através da visão, da organização das moléculas de água no estado sólido e no líquido, proporcionada pelo modelo didático.

- **Usá-lo para explicar o conceito.**

Trabalhado a ideia do conceito de entropia, iremos também utilizar de gráficos de estado sólido e líquido da água para aprimorar a compreensão do conceito de entropia além de desordem.

Para finalizar, iremos aplicar um questionário final (Pós-teste) com o intuito de verificar o quanto os participantes conseguiram aprender sobre o conceito de entropia além do que ele já possuía.

- **Pós-teste.**

Por fim, agradeceremos a participação de todos em nosso GF e a colaboração para a realização da coleta dos dados de nossa pesquisa.

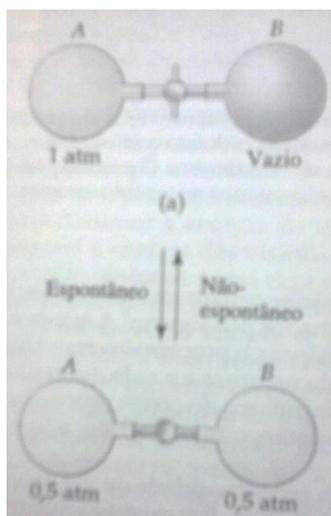
## Anexo 2: Pré-teste.



Universidade Federal de Sergipe  
Campus Professor Alberto Carvalho  
Departamento de Química - DQCI

### Questionário (Pré-teste)

1. Suponha que tenhamos um gás ideal confinado a 1 atm num balão de 1 litro, como mostra a figura abaixo. O balão, através de uma torneira, inicialmente fechada, está ligado a outro balão de 1 litro que, também no início, está vazio. Imaginemos que a torneira seja aberta, mantendo a temperatura constante, o gás irá se expandir para o segundo balão até que a pressão nos dois balões tenha caído para 0,5 atm. Explique por que esse processo ocorre espontaneamente.



---

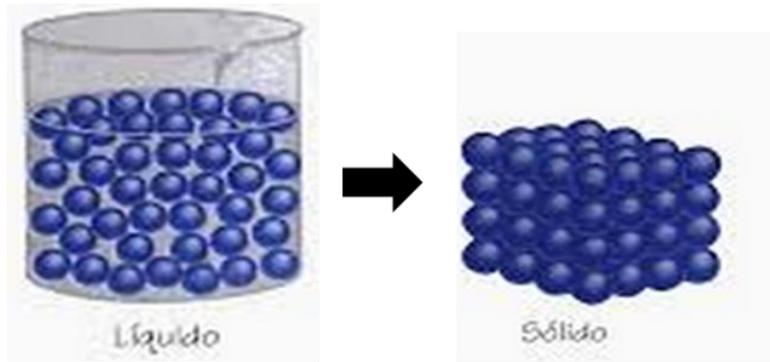
---

---

---

2. Em países frios, é normal que no inverno as águas dos lagos e rios congelem (passem do estado líquido para o sólido) de forma espontânea, como podemos

explicar a espontaneidade do processo mesmo sabendo que as moléculas tenderão a ficar mais ordenadas no estado sólido.



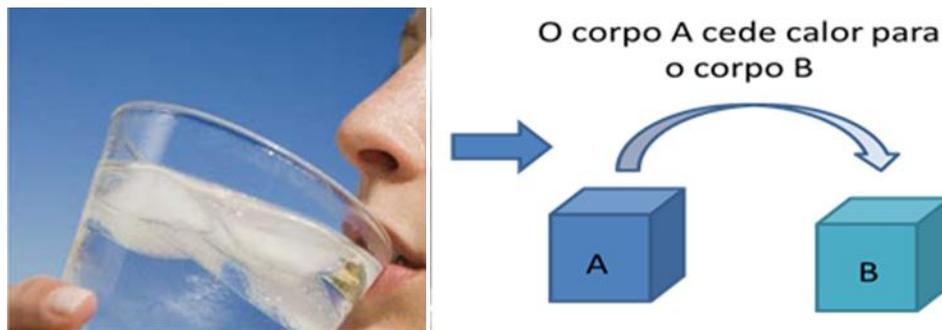
---

---

---

---

3. Quando pegamos um copo com água gelada para beber, percebemos que sentimos a mão gelar, isso ocorre porque haverá transferência de calor de maneira espontânea do corpo de maior temperatura (mão: corpo A) para o de menor temperatura (água gelada: corpo B). Como você pode explicar tal espontaneidade uma vez que os sistemas permanecem no mesmo estado físico.



---

---

---

---

## Anexo 3: Experimento.

### Experimentação sobre Espontaneidade de Trocas Termoenergéticas

#### *Materiais:*

- Bloco de metal;
- Termômetro;
- Béquer;
- Bico de busen;
- Pegador de madeira;

#### *Procedimento:*

1. Colocar em um béquer certa de 50 mL de água a temperatura ambiente;
2. Em seguida, como o auxílio de um termômetro, medir a temperatura em que a água se encontra;
3. Após o registro da temperatura da água, registrar também a temperatura em que o bloco de metal se encontra;
4. Após o registro da temperatura do bloco, colocá-lo para aquecer no bico de busen por cerca de 30 segundos;
5. Quando aquecido o bloco de metal, medir a temperatura em que ele se encontra e registrá-la;
6. Feito as devidas medidas de temperatura, colocar o bloco de metal aquecido dentro do béquer com água, sendo que o termômetro deve estar dentro do béquer para registrar qualquer alteração na temperatura da água;
7. Em seguida observar o que acontece.

#### *Questionário sobre o experimento*

1. Ao colocar o bloco de metal aquecido dentro do béquer com água, o que foi possível observar?

---

---

---

2. Diante do que foi visto, é possível dizer se houve uma desordem maior do sistema antes ou depois de adicionarmos o bloco de metal aquecido?

---

---

---

---

3. Pra onde vai o calor do bloco quente? Como isso influencia na desordem do sistema?

---

---

---

---

---

4. É perceptível que há uma desordem do sistema, mas como ocorre essa desordem?

---

---

---

---

---

## Anexo 4: Construção dos Modelos Didáticos.

### *Materiais:*

- Bolas de isopor de diâmetros diferentes;
- Molas de encadernação;
- Pasta plástica;
- Cola quente;
- Tinta guache vermelha;
- Linha de náilon;
- Pincel.

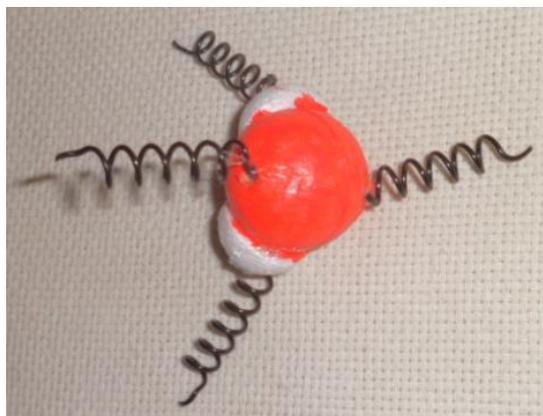
### *Procedimento:*

Em seguida, foram feitas as moléculas de água com as bolinhas de isopor, as bolas com diâmetros menores foram recortadas ao meio e coladas, nas de diâmetros maiores, com um ângulo aproximado de  $104,45^\circ$ . Feitas as moléculas de água, pintou-se com tinta guache vermelha as bolas de diâmetros maiores (**Imagem 2**), pois as mesmas representam o oxigênio, por o mesmo ser representado na coloração vermelha em sua grande maioria.



**Figura 2:** Molécula de água confeccionada com bolas de isopor com diâmetros diferentes.

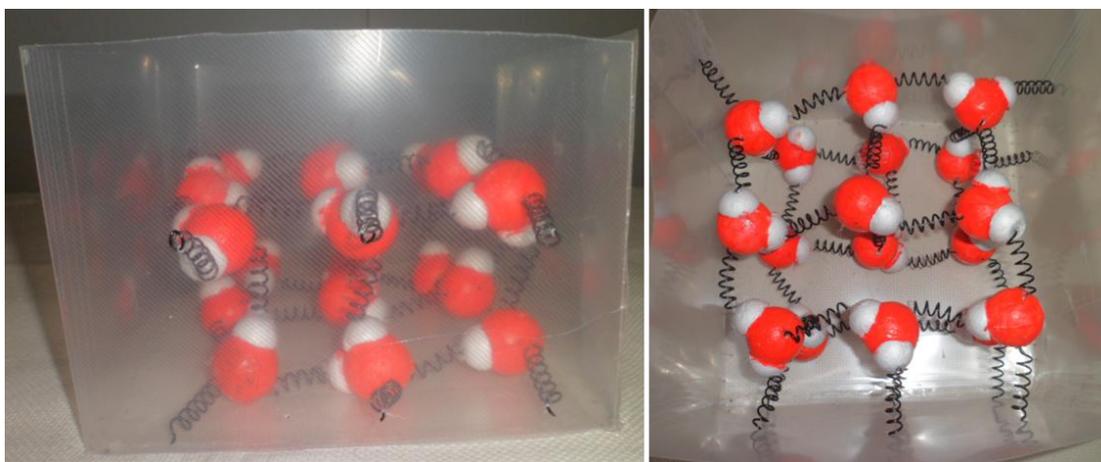
Para as ligações, foram utilizadas as molas de encadernação, as mesmas foram cortadas em tamanhos iguais e encaixadas nas moléculas, formando assim uma molécula cuja estrutura molecular é tetraédrica (**Imagem 3**). Realizado a confecção das moléculas com suas respectivas ligações, iniciou-se a confecção dos recipientes onde os mesmos seriam acondicionados e, em seguida, deu-se início a montagem dos modelos.



**Figura 3:** Molécula de água confeccionada com bolas de isopor com diâmetros diferentes e com suas respectivas ligações de hidrogênio feitas com molas de encadernação.

### **Processo de construção do modelo didático representacional para o sólido.**

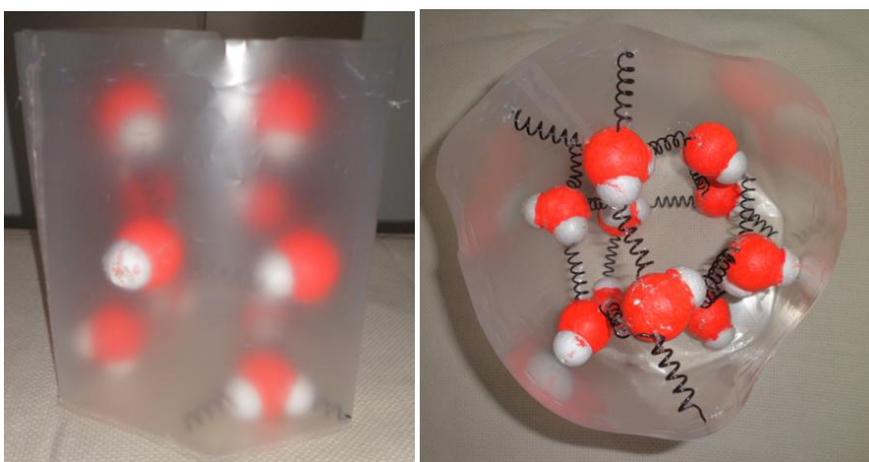
A construção do modelo representacional para o sólido iniciou-se com a confecção da caixa na qual seria colocado o modelo. A mesma foi construída através de pastas plásticas, estas foram recortadas e coladas em formato de um quadrado. Logo após, foram ligadas as moléculas de água, como mostra a imagem a seguir, de maneira a não deixar as moléculas com mobilidade alguma.



**Figura 4:** Modelo didático representacional para a demonstração de como encontram-se organizadas microscopicamente as moléculas de água no sólido.

### **Processo de construção do modelo didático representacional para o líquido.**

A construção do modelo representacional para o líquido também iniciou-se com a confecção da caixa na qual seria colocado o modelo. Para isso, utilizou-se de pasta plástica, sendo esta mais flexível que a utilizada para a construção da caixa do sólido, a mesma foi cortada e colada em formato de um cilindro. Em seguida, as moléculas de água foram ligadas umas nas outras, só que as ligações dessas moléculas diferem das do modelo representacional para o sólido, pois foram feitas com o náilon e as molas de encardenação forma encadidas e coladas às pontas, como mostra a imagem abaixo, isso foi realizado porque queríamos uma mobilidade entre as moléculas.



**Figura 5:** Modelo didático representacional para a demonstração de como encontram-se organizadas microscopicamente as moléculas de água no líquido.

## Anexo 5: Pós-teste.



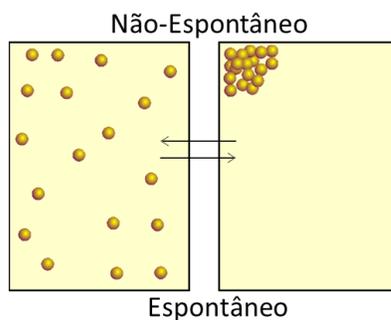
**Universidade Federal de Sergipe**  
**Campus Professor Alberto Carvalho**  
**Departamento de Química - DQCI**

### Questionário (Pós-teste)

1. Leia o texto abaixo para posteriormente responder as questões que o seguem:

Como visto na 1ª Lei da Termodinâmica que está relacionada com a conservação de energia, ou seja, podemos dizer que a energia nem é criada nem destruída em qualquer processo, e sim pode ser trocada entre um sistema e suas vizinhanças, ou convertida de uma forma em outra, mas o total de energia permanece constante. Então não podemos saber se determinado processo ocorre espontaneamente analisando a energia envolvida nos processos já que essa permanece constante. Diz-se que um processo é espontâneo quando ocorre sem a intervenção de agentes externos. Um parâmetro muito utilizado para determinar a espontaneidade das reações químicas é a entropia ( $S$ ), onde constata-se que a direção natural do sistema e sua vizinhança (que juntos formam o “universo”) é de ir da ordem para uma maior entropia.

Explique por que um gás expande espontaneamente?



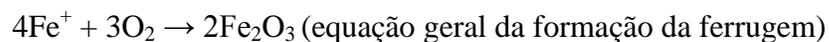
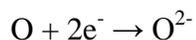
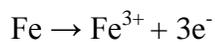
---

---

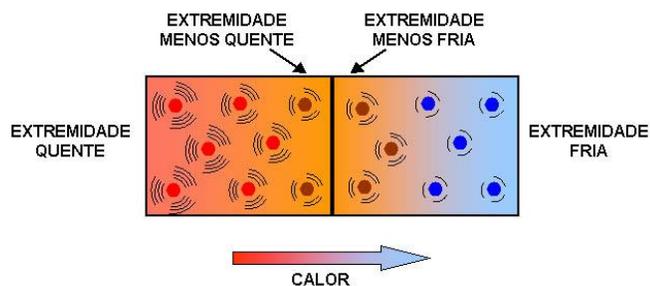
---

---

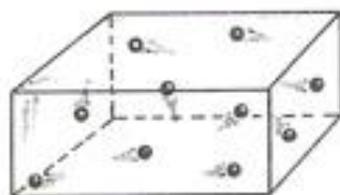
1. Sabendo que temos um pedaço de determinado metal e esse em exposição ao ar enferruja, por que nesse caso temos um processo espontâneo, considerando que o metal após a reação para formação da ferrugem continuará no estado sólido?



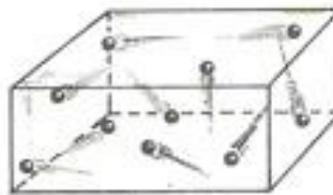
- 
- 
- 
2. Suponha que temos dois blocos de metal, e que por serem sólidos metálicos possuem uma estrutura com átomos extremamente ordenados, sendo que um dos blocos está com uma maior temperatura e outro com menor temperatura e que coloquemos os dois em contato, nesse caso, ao entrar em contato haverá passagem de calor do corpo de maior temperatura para o de menor espontaneamente. Explique por que temos um processo espontâneo já que os dois blocos de metal continuam com a estrutura molecular inalterada.



3. Considere dois recipientes com determinado gás (ex: gás neônio), no recipiente 1 o gás encontra-se na temperatura de  $50^{\circ}\text{C}$  e no recipiente 2 o gás se encontra na temperatura de  $100^{\circ}\text{C}$ . Nos dois casos, percebe-se que há uma grande desordem das moléculas dos gases, mas sabe-se que no recipiente em que o gás está há uma temperatura de  $100^{\circ}\text{C}$  a entropia é maior. Explique o porquê é possível afirmar que o recipiente 2 apresenta maior entropia, uma vez que em ambos os casos temos um sistema desorganizado, ou seja, com uma desordem.



Recipiente 1



Recipiente 2

---

---

---

---

---