



CURSO TÉCNICO EM QUÍMICA

**CAROLINE VIEIRA PIRES
FRANCIELLI MOREIRA CASTRO
KENIA CHRISTINA DE SOUZA JULIÃO**

CATEGORIA 7: TECNOLOGIA QUÍMICA

BOLSA THERMAL COMFORT

CAMPINAS - SETEMBRO

2011

CAROLINE VIEIRA PIRES
FRANCIELLI MOREIRA CASTRO
KENIA CHRISTINA DE SOUZA JULIÃO

BOLSA THERMAL COMFORT

Relatório do Projeto apresentado como exigência para a 5ª Feira Tecnológica do Centro Paula Souza - FETEPS 2011, na Área de Química, Categoria 7 – Tecnologia Química, sob a Orientação das Professoras Erica Gayego Bello Figueiredo Bortolotti.

CAMPINAS - SETEMBRO

2011

AGRADECIMENTOS

À Professora Erica Garjago Bello Figueiredo Bortolotti

Por todo o esforço, apoio, motivação e entusiasmo que demonstrou juntamente conosco. Ainda não sabemos afirmar quem estava mais ansiosa para dar tudo certo, se era a senhora, nossa querida e amadíssima Professora e Orientadora, ou nós, que daqui para frente iremos carregar uma sementinha de conhecimento que a Senhora nos deu. Não há palavras para expressar nossa gratidão. Muitíssimo obrigada!

Ao professor Paulo Eduardo Franquini

Agradecemos às aulas que nos foram concedidas para que encaminhássemos nosso projeto, todo apoio e compreensão. Esteja certo de que também há um pedaço de seu conhecimento conosco. Muito obrigada.

Ao professor Marcos Antonio Torres Cezario

Grande Marcão! Obrigada pela paciência e aulas proporcionadas. Também há um pedacinho seu neste projeto. Muito obrigada.

Ao professor Rogério Duarte F. Passos

Muitíssimo obrigada por todas as palavras ditas de apoio, incentivo e ao final, os elogios derramados. Tenha a certeza que o senhor também foi muito importante para a realização deste projeto e pela ética que demonstrou que sempre devemos ter.

“A ética se imporá naturalmente, quando compreendermos que ela é indispensável à sobrevivência da sociedade.” Valter da Rosa Borges

Muito obrigada.

Ao Supervisor de EstágioTiago Vicente Reche

Creemos que não há palavras o suficiente para expressarmos tamanha gratidão por todas as dicas, todo apoio, orientação, paciência e dedicação com o nosso projeto. Expressamos enorme gratidão por ter abraçado este projeto com tanto carinho e por ter sido um feixe da luz que nos conduziu ao êxito. Muitíssimo obrigada

SUMÁRIO

RESUMO.....	06
1. INTRODUÇÃO.....	07
2. PESQUISA BIBLIOGRÁFICA	07
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	08
3.1. BOLSA DE CALOR INSTANTÂNEO	08
3.2. FUNÇÃO	08
3.3. PRECAUÇÕES E CONTRA INDICAÇÕES AO CALOR.....	09
3.4. REAÇÃO EXOTÉRMICA.....	09
3.5. ENTALPIA.....	10
3.5.1. VARIAÇÃO DE ENTALPIA	10
3.5.2. FATORES QUE INFLUENCIAM O VALOR DA VARIAÇÃO DE ENTALPIA.....	11
3.6. TIPOS DE SOLUÇÕES.....	11
3.7. SOLUÇÃO SUPERSATURADA	11
3.8. REAÇÃO	12
3.9. ACETATO DE SÓDIO	12
3.9.1. OUTRAS CARACTERÍSTICAS.....	13
3.10. DIFERENÇA ENTRE ACETATO DE SÓDIO ANIDRO E HIDRATADO.....	13
3.11. PERICULOSIDADE DO ACETATO DE SÓDIO.....	14
3.12. REVESTIMENTO DA BOLSA	14
3.12. 1. POLICLORETO DE VINILA (PVC).....	14
3.12.2. POLIMERIZAÇÃO DO MONÔMERO DE PVC.....	15
3.12.3. PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DO PVC.....	15
3.13. CRISTALIZAÇÃO.....	16
3.14. NUCLEAÇÃO	16
3.15. COMO ATIVAR A BOLSA TÉRMICA	17

3.16. COMO REATIVAR A BOLSA TÉRMICA	17
3.17. CURIOSIDADES E RECOMENDAÇÕES SOBRE A BOLSA	18
3.18. DISCO METÁLICO.....	18
4. RELEVÂNCIA.....	18
5. HIPÓTESE.....	19
6. OBJETIVOS.....	19
6.1. OBJETIVO GERAL	19
6.2. OBJETIVO ESPECÍFICO	19
7. MATERIAIS E REAGENTES	19
8. MÉTODOS.....	20
9. CUSTOS.....	21
10. CRONOGRAMA	21
11. RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
12. CONCLUSÃO	27
14. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	28

RESUMO

A Bolsa Thermal Comfort foi desenvolvida com o objetivo de proporcionar calor de forma instantânea e prática, a fim de obter conforto às extremidades frias do corpo, assim como o alívio às dores musculares tardias. Não necessita de pilhas e baterias e nem de energia elétrica. É portátil. A bolsa consiste em uma solução supersaturada de acetato de sódio anidro armazenada em uma embalagem de policloreto de vinila. Ao promover uma perturbação na bolsa (processo de nucleação), é ativada a reação de recristalização do acetato, que conseqüentemente libera calor (reação exotérmica). O Acetato de Sódio é um composto cristalino, incolor, de fórmula (CH_3COONa). É um sal formado pela reação entre uma base forte e um ácido fraco e pode ser encontrado na forma anidra ou trihidratado. A supersaturação é a força motriz da cristalização, isso faz com que a velocidade e duração da reação dependam do quanto supersaturada for a solução. Diversos testes foram realizados a fim de obter a concentração ideal dos reagentes para atingir a temperatura favorável ao corpo e o ponto ideal de saturação. A reação é reversível, sendo assim, o material pode ser utilizado várias vezes, evitando a geração de resíduos e impactos ambientais significativos.

PALAVRAS-CHAVE: *acetato de sódio anidro; bolsa térmica; solução supersaturada, recristalização; reação exotérmica.*

1. INTRODUÇÃO

Ter sempre as extremidades do corpo frias não é sinal de doença, mas sim sinal de má circulação sanguínea. O metabolismo basal muito lento é o que normalmente acontece em pessoas que possuem temperatura corporal baixa. Ocorre também quando a pessoa está resfriada ou com gripe e até mesmo nos casos de anemias severas.

Outro fator altamente influenciador neste trabalho foi a dor muscular tardia, que é aquela que é consequência da atividade física sem alongamento e aquecimento corretos antes de atividades físicas e até mesmo após um trabalho doméstico intenso. Ela surge por microrupturas no tecido conjuntivo que envolve as fibras musculares e os próprios músculos. O calor nesse caso atua como alivante da sensação de dor localizada.

Partindo dessa ideia, foi elaborada uma bolsa térmica, a Bolsa Thermal Comfort, onde ocorre uma reação exotérmica proporcionando calor de forma rápida buscando maior conforto e de forma portátil.

O princípio de funcionamento é relativamente simples: a liberação de calor ocorre por meio de uma perturbação na solução supersaturada de acetato de sódio anidro (processo de nucleação), que cristaliza. Essa perturbação é causada por um disco metálico, que o indivíduo “mexe” quando quer ativar a reação. Ao ser iniciada a nucleação, as moléculas do soluto dispersas no solvente começam a se juntar em aglomerados, em uma escala nanométrica, que constituem o núcleo, só se tornando estável a partir de um certo tamanho crítico.

A Bolsa Thermal Comfort apresenta como vantagens custo, é portátil, pode ser reutilizada várias vezes, favorecendo o meio ambiente, pois evita a geração de resíduos.

Para a elaboração da bolsa, vários testes e pesquisas foram realizadas para se obter o ponto ideal de saturação e estabilidade da solução.

Esse projeto caracteriza uma pesquisa descritiva (1), pois apresenta como objetivos a descrição das características de um fenômeno ou de uma experiência. A diferença em relação à pesquisa exploratória é que o assunto pesquisa já é conhecido. A grande contribuição das pesquisas descritivas é proporcionar novas visões sobre uma realidade já conhecida. (1)

2. PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

Termoclick® é uma linha de produtos revolucionários divididos em três principais categorias: Calor Instantâneo, Frio Instantâneo e Térmicos. Os produtos Termoclick

proporcionam uma solução moderna e prática mediante a aplicação de frio ou calor de forma uniforme, por um período prolongado, proporcionando uma eficiente e agradável sensação. (2)

Heat in a click® baseia-se no calor como ação terapêutica, também conhecido como termoterapia, e consiste na aplicação de calor no corpo para o alívio da dor. Pode ser benéfico para pessoas com artrite, rigidez muscular e lesões de tecidos profundos da pele. O calor pode ser um tratamento eficaz de auto-atendimento. (3)

Ambas as marcas possuem produtos que baseiam-se no fornecimento de calor instantâneo de modo prático, além de possuírem produtos fundamentados também na produção de frio instantâneo, porém, nosso projeto será sob a produção de uma bolsa fornecedora de calor instantâneo, a Thermal Comfort.

Esses produtos são resultados de uma reação exotérmica que ocorre quando a solução supersaturada do Acetato de Sódio se recristaliza.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1. BOLSA DE CALOR INSTANTÂNEO

Consiste em uma bolsa, cujo revestimento é o policloreto de vinila (PVC), em que contém inserida, no seu interior revestido, uma solução supersaturada de Acetato de Sódio Anidro, capaz de liberar calor por meio da reação exotérmica envolvida no seu processo de recristalização.

3.2. FUNÇÃO

Muitos episódios de dor nos músculos vêm do esforço ou pressão, que gera tensão nos músculos e tecidos moles. Esta tensão pode restringir a circulação, enviando sinais de dor ao cérebro.

A aplicação de calor alivia a dor, pois:

- Dilata os vasos sanguíneos ao redor da área. O aumento de fluxo de sangue fornece adicionais de oxigênio e nutrientes para ajudar a curar o tecido muscular danificado.
- Aumenta a flexibilidade (e diminui a rigidez dolorosa) dos tecidos moles em torno da área lesada, incluindo músculos e tecido conjuntivo.

Como as bolsas são portáteis, o calor pode ser aplicado conforme a necessidade em casa, no trabalho ou em viagens. Alguns médicos recomendam a alternância de calor e gelo para o alívio da dor .(4)

3.3. PRECAUÇÕES E CONTRA INDICAÇÕES AO CALOR

É preciso ter cuidado ao se aplicar calor como tratamento nos seguintes casos:

- **Áreas com a sensibilidade diminuída ou anestesiada:** se for necessária a aplicação, testar primeiro em uma área com a sensibilidade preservada.
- **Insuficiência vascular:** o calor aumenta a demanda metabólica sem aumentar o fluxo sanguíneo que está insuficiente e isto pode causar necrose tecidual.
- **Hérnias discais:** temperaturas muito altas ou profundas (ondas curtas ou microondas) podem piorar a compressão da raiz nervosa nos casos de hérnias discais, pois favorecem o aumento da circulação local e edema, o que pode piorar os sintomas. Nestes casos, pode-se utilizar calor superficial, como bolsa de água quente, que irá aliviar as tensões musculares, melhorando a dor, sem alterar a condição patológica da hérnia. (4)

3.4. REAÇÃO EXOTÉRMICA

Uma reação exotérmica é uma reação química cujo a energia é liberada, sendo, portanto, a energia final dos produtos menor que a energia inicial dos reagentes. Disso se conclui que a variação de energia é negativa. (8)

Nas reações exotérmicas o calor pode ser visto como um produto. O calor liberado no processo exotérmico pode ser representado na equação da reação juntamente com as substâncias presentes no estado final.

Estado inicial → estado final + **calor**

Calor é uma quantidade de energia térmica transferida, que flui de um corpo para outro em razão da diferença de temperatura existente entre eles, sempre do corpo mais quente para o corpo mais frio. O calor é medido pela temperatura, que é a grandeza física associada ao estado de movimento ou à agitação das partículas que compõem os corpos. (6)

3.5. ENTALPIA

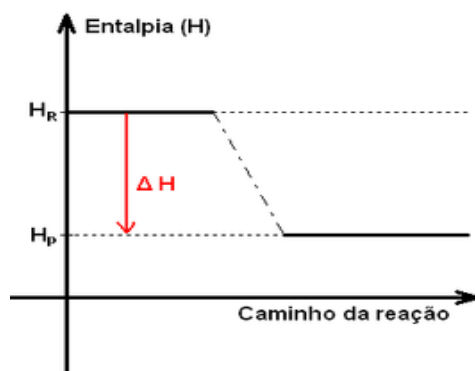


Gráfico 1. Entalpia e variação de calor em uma reação (7).

(Legenda: H_p = Entalpia dos produtos , H_r = Entalpia dos reagentes)

Entalpia é uma grandeza física que busca medir a energia em um sistema termodinâmico que está disponível na forma de calor, isso a pressão constante. No Sistema Internacional de Unidades a unidade da entalpia é o joule (J), e esta grandeza é geralmente representada pelo símbolo H (ver gráfico 1). (7)

3.5.1. VARIAÇÃO DE ENTALPIA

As variações de entalpia que acompanham as reações podem ser representadas por equações termoquímicas ou diagramas de entalpia. A variação de entalpia (ΔH) é representada por uma proporção com um número fixo de mols. (7)

Quanto ao sinal do ΔH , existem dois tipos de reação:

- **Reações exotérmicas:** $\Delta H < 0$, há liberação de calor.
- **Reações endotérmicas:** $\Delta H > 0$, há uma absorção de calor.

Como é impossível conhecer a entalpia absoluta de uma substância, os químicos atribuíram às substâncias simples, em sua forma alotrópica mais estável a 25°C e 1 atm, entalpia 0. A variação de entalpia associada a formação de 1mol de substância a partir de substâncias simples é chamada de formação. Com as entalpias de formação, podemos calcular a variação de entalpia de uma reação utilizando a reação: $\Delta H = H_p - H_r$. A entalpia de uma substância no estado padrão é chamada entalpia padrão e representada por H^0 . (7)

3.5.2. FATORES QUE INFLUENCIAM O VALOR DA VARIAÇÃO DE ENTALPIA

- Quantidade de reagentes e produtos: o valor do ΔH de uma reação varia em função da concentração de cada um de seus participantes. O aumento da concentração provoca um aumento proporcional da variação de entalpia.
- Os estados físicos dos reagentes e produtos: substâncias no estado sólido provocam variações de entalpia maiores do que no estado líquido; e estas, maiores do que no estado gasoso.
- Estado alotrópico de reagentes e produtos: cada estado alotrópico tem um valor de entalpia distinto. (7)

3.6. TIPOS DE SOLUÇÕES

Solução é uma mistura homogênea constituída por duas ou mais substâncias numa só fase. Os componentes da solução são: o solvente (geralmente o componente em maior quantidade) que efetua a dissolução e o soluto (geralmente componente em menor quantidade) que é a substância que está sendo dissolvida.

Solubilidade é a quantidade máxima de uma substância que pode ser dissolvida em uma quantidade específica de solvente a uma dada pressão e temperatura. (8)

Há três tipos de soluções: as soluções insaturadas, as soluções saturadas e as soluções supersaturadas. Este projeto baseia-se no princípio de solução supersaturada.

3.7. SOLUÇÃO SUPERSATURADA

Ocorre quando a quantidade dissolvida de um soluto em um solvente é superior a sua solubilidade a uma dada temperatura. A solução supersaturada é instável, e por isso se há uma perturbação no meio pode provocar a recristalização rápida (ver gráfico 2).

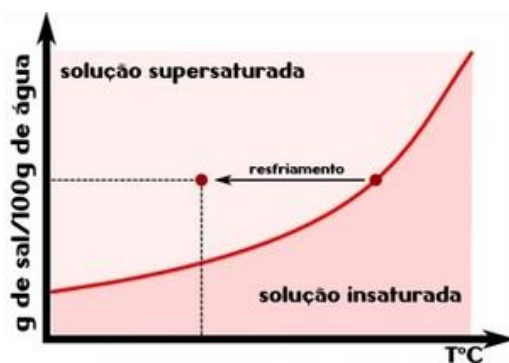


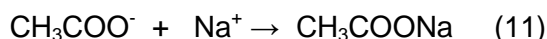
Gráfico 2. indicando os tipos de soluções (9).

Com o aumento da temperatura há uma quantidade grande de moléculas de Acetato de Sódio solubilizadas, e, ao resfriar, diferentemente de outras substâncias, o Acetato não se cristaliza novamente, permanecendo solubilizado (no estado líquido), porém ele consegue fazer com que suas moléculas unam-se com as da água e com uma simples perturbação elas unem-se completamente (estado sólido). (9)

A cristalização do acetato de sódio é um processo altamente exotérmico. (10)

É um estado metaestável. Qualquer perturbação, como um movimento mais brusco pode levar à fervura ou à cristalização, dependendo do caso. (10)

3.8. REAÇÃO



O acetato de sódio dissocia-se na presença de água destilada em íon acetato e íon sódio, permanecendo assim solubilizado. Neste processo de solubilização, há uma energia absorvida. Ao iniciar a recristalização do acetato de sódio, através de um agente nucleador, no caso o disco metálico, a energia que antes foi absorvida é liberada e o sal permanece cristalizado até que solubilize-o novamente.

3.9. ACETATO DE SÓDIO

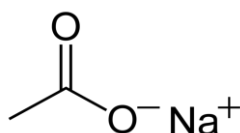


Figura 1. Fórmula estrutural do Acetato de sódio. (12)

Acetato de sódio (figura 1) é um composto cristalino incolor, de fórmula (CH_3COONa), que é conhecido como sal anidro ou trihidratado. Ambas as formas são solúveis em água e em etoxietano e ligeiramente solúveis em etanol. Como é um sal de uma base forte e de um ácido fraco, o acetato ou etanoato de sódio é usado em tampões para controle de pH em muitas aplicações de laboratório, e em eletro galvanização. É usado também na tinturaria, sabões, farmacêutica, em fotografia, para preparar amortecedores, para neutralizar o ácido sulfúrico, como aditivo alimentar, e para fazer almofadas de aquecimento, onde o acetato de sódio age como reservatório de calor reutilizável.

O Acetato de sódio que será utilizado no projeto deverá ser o anidro.

A solubilidade do acetato de sódio em temperatura ambiente é de 124g para cada 100mL de água. Pelos dados fornecidos, a cada aumento de 20 graus, aumenta em 48 g a solubilidade do sal, então:

20 graus ----- 76 + 48g

40 graus ----- 76 + 48 + 48g

60 graus ----- 76 + 3 x 48g

80 graus ----- 76 + 4 x 48g

100 graus ----- 76 + 5 x 48g = 316 g/100 mL água (4)

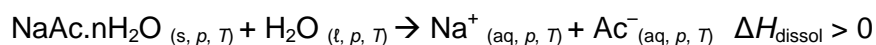
3.9.1. OUTRAS CARACTERÍSTICAS (13)

- **Densidade:** 1.45 g/cm³, sólido
- **Solubilidade em água:** 76 g/100 ml (0 °C)
- **Basicidade (pK_b):** 9.25
- **Estrutura cristalina:** monocíclico
- **Massa molar:** 82,03378928 g/ mol (15)

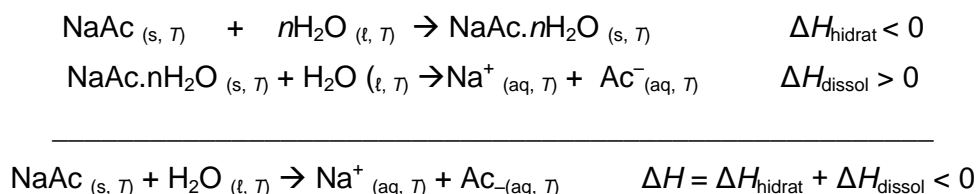
3.10. DIFERENÇA ENTRE ACETATO DE SÓDIO ANIDRO E HIDRATADO

Diz-se que uma substância sólida é anidra quando em sua estrutura cristalina não aparecem moléculas de água entre as moléculas ou os íons da substância que constitui o sólido. Hidratar um sólido anidro significa introduzir na rede cristalina do sólido moléculas de água que não existiam nele. O processo de hidratação estabiliza o sólido hidratado (14) .

A dissolução do acetato de sódio hidratado, em água e em temperatura ambiente, causa, imediatamente após sua dissolução, um abaixamento de temperatura e paralelamente a gradativa absorção de calor a partir do meio ambiente até que a solução retorne à temperatura ambiente. Por isso, diz-se que é endotérmica a dissolução do acetato de sódio hidratado quando realizada de modo a que a temperatura inicial do sal e da água seja a mesma da temperatura final da solução obtida, ocorrendo um processo isobárico, isotérmico e endotérmico de dissolução do acetato (14).



Quando se mistura acetato de sódio anidro com água para dissolução, na verdade ocorrem dois processos consecutivos e quase simultâneos: a hidratação exotérmica do sal anidro seguida da dissolução endotérmica do sal hidratado. Assim, de fato, pode-se considerar que o sal que realmente sofreu uma dissolução foi o hidratado. O processo total de dissolução do sal anidro pode ser obtido da soma desses dois processos, representado pela soma de duas equações termoquímicas (14):



O processo global de dissolução isobárica e isotérmica do sal anidro é exotérmico, uma vez que em módulo a entalpia de hidratação do sal anidro é maior que a de dissolução do sal hidratado.

Se preparar o estado metaestável formado por uma solução supersaturada de acetato de sódio aquosa, esse estado poderá existir por um tempo indeterminado até que, mediante algum procedimento, quebra-se o equilíbrio metaestável desse sistema. Assim, o sal hidratado será formado a partir da solução supersaturada. Esse processo dito de cristalização é o inverso do processo de dissolução do sal hidratado e, portanto, é exotérmico quando feito de forma diatérmica e isotérmica:



Se essa cristalização for realizada de forma quase adiabática em um béquer ou dentro de um recipiente de plástico, a temperatura do sistema sofrerá um momentâneo aumento, como se observa na bolsa térmica. (14)

3.11. PERICULOSIDADE DO ACETATO DE SÓDIO

- **Inalação:** tosse, dor de garganta, dificuldade respiratória e dor torácica;
- **Ingestão:** dores abdominais, náuseas e vômitos;
- **Pele e olhos:** irritação, vermelhidão e dor. (15)

3.12. REVESTIMENTO DA BOLSA

3.12. 1. POLICLORETO DE VINILA (PVC)

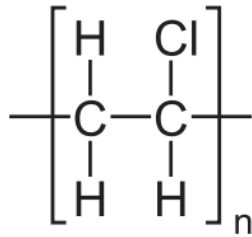
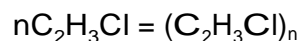


Figura 2. Fórmula estrutural do Policloreto de vinila (PVC). (16)

O cloreto de polivinila (também policloreto de vinila; nome IUPAC policloroeteno) mais conhecido por PVC (da sua designação em inglês *Polyvinyl chloride*) é um plástico não 100% originário do petróleo (ver figura 2). (16)

O PVC, que é uma resina termoplástica, é produzido quando as moléculas de cloreto de vinila se associam, formando cadeias de macromoléculas. Este processo é chamado de polimerização e pode ser realizado de várias maneiras. Os dois principais processos de obtenção do PVC são a polimerização em suspensão e a polimerização em emulsão. Ambos usam um processo semi-contínuo, em que os reatores são alimentados com o monômero cloreto de vinila (MVC), aditivos e catalisadores. A reação de polimerização ocorre em meio aquoso. (17)

3.12.2. POLIMERIZAÇÃO DO MONÔMERO DE PVC



monômero de cloreto de vinila = policloreto de vinila (17)

3.12.3. PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DO PVC

- **Durabilidade:** produtos confeccionados a partir do PVC têm vida longa viabilizando a sua aplicação em bens duráveis;
- **Não- inflamável:** devido ao cloro existente em sua molécula, o PVC não se queima com facilidade nem inflama sozinho. Por esta razão é extensivamente empregado para isolar e proteger cabos elétricos;
- **Quimicamente estável:** de uma maneira geral o PVC tem boa resistência a ácidos e bases, o que viabiliza a sua utilização na indústria médico/hospitalar, alimentícia e industrial;
- **Fácil de reciclar:** devido ao fato de ser uma resina termoplástica, o PVC é

100% reciclável;

- **Propriedades de barreira:** baixa permeabilidade ao oxigênio e ao gás carbônico, o que viabiliza sua aplicação na indústria de alimentos;

- **Resistente à luz;**

- **Fórmula molecular:** $(C_2H_3Cl)_n$;

- **Densidade:** 1,38–1,40 g·cm⁻³ ;

- **Ponto de fusão:** temperaturas > 180 °C;

- **Solubilidade em água:** praticamente insolúvel. (9)

3.13. CRISTALIZAÇÃO



Figura 3: Solução supersaturada de Acetato de Sódio Anidro recristalizando-se. (18)

A cristalização é o processo (natural ou artificial) da formação de cristais sólidos de uma solução uniforme, ou seja homogênea. Ela consiste de dois principais eventos, a nucleação e o crescimento dos cristais ou crescimento molecular.

3.14. NUCLEAÇÃO

A nucleação é a etapa em que as moléculas do soluto dispersas no solvente começam a se juntar em aglomerados, em escala nanométrica. Esses aglomerados constituem o núcleo e só se tornam estáveis a partir de um certo tamanho crítico, que depende das condições de operação (temperatura, supersaturação, irregularidades, etc). Se o aglomerado não atinge a estabilidade necessária ele redissolve. É no estágio de nucleação que os átomos se arranjam de uma forma definida e periódica que define a estrutura do cristal (19).

O crescimento do cristal é o subsequente crescimento do núcleo que atingiu o tamanho crítico do aglomerado. A nucleação e o crescimento continuam a ocorrer

simultaneamente enquanto a supersaturação existir. A supersaturação é a força motriz da cristalização, portanto, a velocidade de nucleação e de crescimento é comandada pela existência de supersaturação na solução. Dependendo das condições, tanto a nucleação quanto o crescimento podem ser predominantes um sobre o outro, e conseqüentemente, são obtidos cristais com tamanhos e formatos diferentes. Quando a supersaturação é ultrapassada, o sistema sólido-líquido atinge o equilíbrio e a cristalização está completa, a menos que as condições de operação forem modificadas do equilíbrio de forma a supersaturar a solução novamente (19).

Para se obter artificialmente um sistema metaestável, a nucleação pode ser induzida pela adição de partículas (núcleos) estranhas ao sistema. No caso da bolsa térmica, a nucleação é induzida pela placa metálica que existe no interior dela. (20)

3.15. COMO ATIVAR A BOLSA TÉRMICA

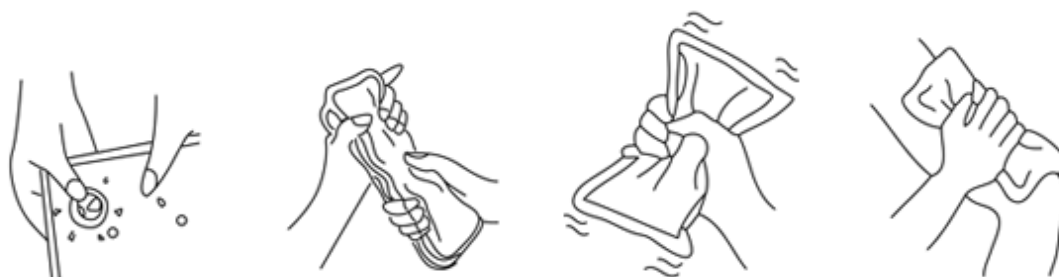


Figura 4: Sequência de ativação da bolsa (21).

1. Para ativar a solução, flexione o disco metálico que se encontra no interior da bolsa.
2. Massageie ou agite a bolsa até o líquido ficar totalmente cristalizado.
3. Aplique sobre a área desejada. (21)

3.16. COMO REATIVAR A BOLSA TÉRMICA

Para reativar a bolsa térmica, basta colocá-la em água fervente de 4 a 6 minutos. Se houver ainda alguns cristais no interior da bolsa sem solubilizar, recomenda-se deixar por mais 1 ou 2 minutos

3.17. CURIOSIDADES E RECOMENDAÇÕES SOBRE A BOLSA

- Se a bolsa estiver recristalizando sozinha após a reativação, verificar se o disco metálico no interior da bolsa não está invertido. Basta voltá-lo para a posição côncava e ferver novamente.
- A bolsa térmica pode ser utilizada centenas de vezes, basta reativá-la, deixá-la esfriar e estará pronta para uso, além também de conservá-la e armazená-la com cuidado.
- O tempo médio que a bolsa térmica fica em condição de uso é em média 40 minutos, dependendo da temperatura ambiente.
- A temperatura média não ultrapassa 55°C.
- Não pode colocar a bolsa térmica no microondas para ativá-la. (18)

3.18. DISCO METÁLICO

O disco metálico no interior da bolsa age como iniciador da cristalização, que ao ser deformado proporciona o mínimo de energia necessário para o início da precipitação. (21)



Figura 5. Disco metálico no interior da bolsa (22).

4. RELEVÂNCIA

A necessidade de calor de forma prática e rápida vem sendo incorporada na demanda atual por diversos motivos, como a saúde ou até mesmo pelo desconforto causado pelo frio. Tendo em vista essa situação o projeto se mostra relevante, pois tende a suprir essa demanda e estudar o processo de saturação e nucleação é pertinente à área química.

5. HIPÓTESE

Acredita-se que incorporando uma solução supersaturada de acetato de sódio em uma bolsa de policloreto de vinila, ao promover uma perturbação no meio pressionando um dispositivo metálico será ativada uma reação exotérmica, que conseqüentemente liberará calor e proporcionará o conforto desejado.

6. OBJETIVOS

6.1. OBJETIVO GERAL

Elaborar uma bolsa que libere calor por meio de uma reação química exotérmica.

6.2. OBJETIVO ESPECÍFICO

A bolsa Thermal Comfort visa eliminar a sensação de desconforto conseqüente da reação à ausência do calor ou da dor localizada, por meio de uma reação instantânea proveniente da cristalização da solução supersaturada do acetato de sódio que proporcionará calor de forma prática e eficiente. Ao longo da realização do projeto, haverá a realização:

- Testes de liberação de calor com o Acetato;
- Medição de temperatura da reação em laboratório e na bolsa;
- Avaliação do tempo de liberação e conservação do calor.

7. MATERIAIS E REAGENTES

- 2 Caixas de fósforos;
- 2 Espátulas;
- 500g de Acetato de sódio;
- 3 Béqueres (50ml, 100ml, 200ml);
- 2 Vidros de relógio;
- 2 Baguetas;
- 1 Tela de amianto;
- 1 Tripé;
- Água destilada;

- Termômetro;
- 2 Discos metálicos;
- Bolsa de PVC (bolsa de soro fisiológico);
- Bico de Bunsen;

8. MÉTODOS

Em um béquer, coloca-se a quantidade necessária de água e acetato que se solubilize em temperatura ambiente. Aquece-se a solução e adiciona-se a acetato de sódio anidro até que forme um pequeno corpo de fundo no béquer, sinalizando que o sal não se solubiliza mais e que a solução encontra-se no seu estado de supersaturada. Deixa-se a solução em repouso, evitando perturbações, para que ela volte à temperatura ambiente. Insere-se na bolsa a solução juntamente com o metal. Fecha-se a bolsa¹.

Para atingir a concentração e o ponto ideal de saturação, alguns testes serão realizados (23, 24):

1. Solubilidade do acetato de sódio com a massa teórica: 25mL de água destilada e adiciona-se aos poucos o sal até saturação,.

2. Teor de Sólido: 20 mL de água destilada em um béquer com aquecimento contínuo. Adicionar o Acetato de Sódio até que este não solubilizasse mais. Transferir o sobrenadante (solução saturada) para uma placa de Petri de massa conhecida e levar à estufa por 2h à uma temperatura de 105°C. O objetivo é retirar todo o solvente (água) e determinar a quantidade de sal usado, assim determinando o ponto de saturação.

3. Teste de Ponto Ideal de Trabalho: adicionar diferentes concentrações de acetato de sódio anidro em um volume fixo de água destilada e observar qual concentração atinge, após recristalização, a temperatura esperada pelo projeto.

¹ Quando a solução supersaturada de Acetato de Sódio é formada, há a absorção da energia necessária para quebrar as ligações iônicas na rede cristalina do sólido iônico. A recristalização do acetato de sódio acontece quando há a perturbação desta solução supersaturada instável através do disco metálico, que servirá apenas como agente iniciador da cristalização. Ao ser deformado, proporciona-se o mínimo de energia necessário para o início da precipitação. Durante a recristalização, o sistema fornece energia ao ambiente em forma de calor, energia esta que foi acumulada durante o processo de dissolução (10).

4. Teste de Estabilidade: o objetivo desse teste é observar qual das soluções é mais estável em um determinado período de tempo.

9. CUSTOS

Produto	Quantidade	Preço Unitário	Total
Acetato de Sódio Anidro	6 frascos de 500 g	R\$ 18,00	R\$108,00
Bolsa de Soro Fisiológico	6	R\$ 4,00	R\$ 24,00
Banner	1	R\$ 30,00	R\$ 30,00
Impressão das Fotos para Exposição	20 fotos	R\$ 0,65	R\$ 13,00
Total			R\$ 175,00

10. CRONOGRAMA

Ano	2011									
	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Planejamento	X	X	X							
Testes (solubilidade, estabilidade, teor de sólidos, etc.)				X	X	X				
Testes com a bolsa					X	X				
Tabulação de Resultados						X	X			
Finalização parte escrita TCC							X			
Mostra de Projetos FETEPS								X		

11. RESULTADOS E DISCUSSÃO

11.1. Teste de Solubilidade de Acetato de Sódio com Massa Teórica

O primeiro teste realizado foi o teste da solubilidade do acetato de sódio anidro com a massa teórica. Utilizou-se 25mL de água destilada e adicionou-se aos poucos o sal até saturação, que foram 25,0656g de Acetato de Sódio. Aguardou-se a solução voltar a temperatura de 30°C, temperatura ambiente, e provocou-se a nucleação. Houve formação de poucos cristais. Com um movimento mais brusco a solução cristalizou-se parcialmente. Houve aumento de temperatura para 36°C. Ao observar na semana seguinte, observou-se que a solução encontrava-se aproximadamente somente um terço cristalizada, enquanto o restante continuava líquido. Através do insucesso deste teste, partiu-se para outros.

11.2. Teste de Teor de Sólido

Em 20 mL de água destilada em um béquer com aquecimento contínuo foi-se adicionando o Acetato de Sódio até que este não solubilizasse mais. Assim, transferiu-se o sobrenadante (solução saturada) para uma placa de Petri (figura 6) de massa conhecida e levou-se à estufa por 2h à uma temperatura de 105°C.

O objetivo seria retirar todo o solvente (água) e determinar a quantidade de sal usado, assim determinando o ponto de saturação.

Porém, após decorridas as duas horas, ao abrir a estufa havia transbordado sal para fora da Placa de Petri, e perdeu-se o ensaio (figura7). Antes de abrir a estufa observou-se que a temperatura encontrava-se à 120 °C.

Ao tentar avaliar os possíveis erros, mencionou-se o fato da elevação da temperatura e recipiente com tamanho inadequado, porém, em avaliação posterior, descobriu-se que o erro estava na quantidade transferida do béquer para a placa de petri. Ao invés de transferi toda a solução, deveria ter transferido apenas 1 mL.

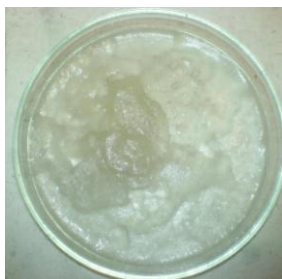


Figura 6. Placa de Petri com a solução saturada de Acetato de Sódio.



Figura 7. Acetato de Sódio que transbordou da placa de petri.

Os testes foram refeitos e os resultados encontram-se nas tabelas 1,2 e 3 e gráfico 2:

Tabela 1. Determinação das massas dos frascos e amostras para Teste de Teor de Sólidos

[]	massa do frasco vazio	massa do frasco + amostra (antes estufa)	massa do frasco + amostra (após estufa)
20	44,771	47,255	45,613
40	45,087	47,893	46,332
60	45,129	48,385	46,886
80	35,572	37,370	36,669

Tabela 2. Determinação das massas da Solução e massas dos Sólidos (Sais secos).

Massa da Solução	Massa do sólido
2,484	0,842
2,806	1,245
3,256	1,757
1,798	1,097

Tabela 3. Determinação do Teor de Sólidos e Teor de Sólidos em Porcentagem.

[]	Teor de Sólidos	Teor de Sólidos (%)
20	0,339	33,897
40	0,444	44,369
60	0,540	53,962
80	0,610	61,012

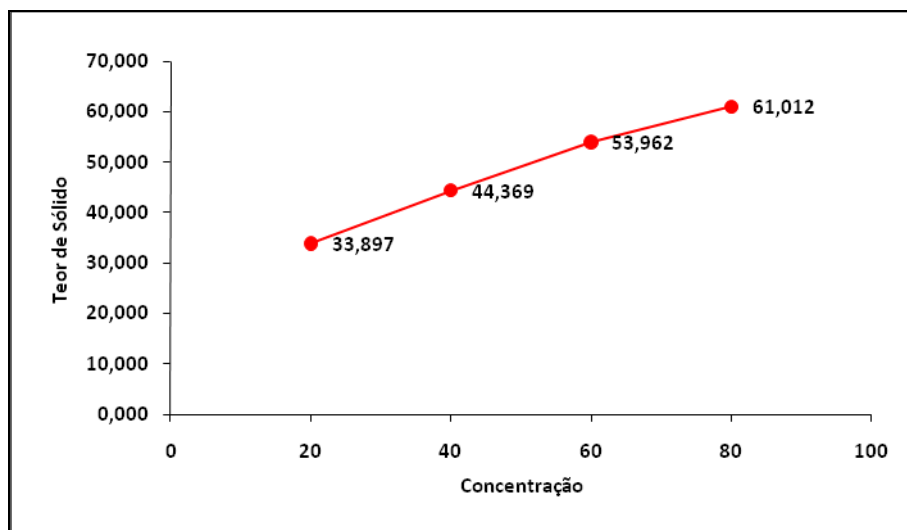


Gráfico 2: Teor de Sólidos por Concentração de Acetato de Sódio.

11.3. Teste de Ponto Ideal de Trabalho

Consistiu-se em adicionar diferentes concentrações de Acetato de Sódio Anidro em um volume fixo de água destilada e observar qual concentração atinge, após recristalização, a temperatura esperada pelo projeto.

Volume de Água Destilada: 20 mL
Concentrações de Acetato de Sódio Anidro: 20g, 40g, 60g e 80g.

O maior delta de temperatura nos dará qual a concentração de acetato de sódio melhor para trabalhar.

Observações:

Preparou-se as soluções e por não haver tempo suficiente para resfriamento total da solução, manteve-se os béqueres em repouso em um local isento de perturbações para que na próxima aula fosse feito o teste de iniciação da nucleação.

Após dois dias, ao observar as soluções, constatou-se que as soluções que continham 40g e 80g de Acetato de Sódio Anidro se recristalizaram sem um agente nucleador.

As soluções foram refeitas nas concentrações de 60g e 80g de Acetato de Sódio Anidro para 20mL de água destilada. Deixou-se em repouso e observou-se a queda de temperatura das soluções. Na concentração de 80g, conforme a temperatura foi caindo, ao

chegar à 55°C a solução começou a se recrystalizar sozinha, com isso houve um aumento de temperatura para 57°C por 10 minutos.

Na concentração de 60g a temperatura caiu até 47°C, recrystalizou-se atingindo 55°C e manteve-se a temperatura por 30 minutos, e após uma queda mais significativa da temperatura para 50°C manteve-se por 20 minutos.

Obteve-se o delta de temperatura atingida na solução de concentração 60g de sal/ 20mL de Água Destilada. A temperatura inicial era 27°C, provocou-se a recrystalização e a temperatura elevou-se para 55°C. Assim:

$$\Delta T = T_{\text{final}} - T_{\text{inicial}}$$
$$\Delta T = 55^{\circ}\text{C} - 27^{\circ}\text{C}$$
$$\Delta T = 28^{\circ}\text{C}$$

Os resultados encontram-se na tabela 4 e no gráfico 3:

Tabela 4. Deltas de temperaturas atingidas por Concentração de Acetato de Sódio.

Concentração	Delta de temperaturas
20g	4
40g	13
60g	28
80g	2

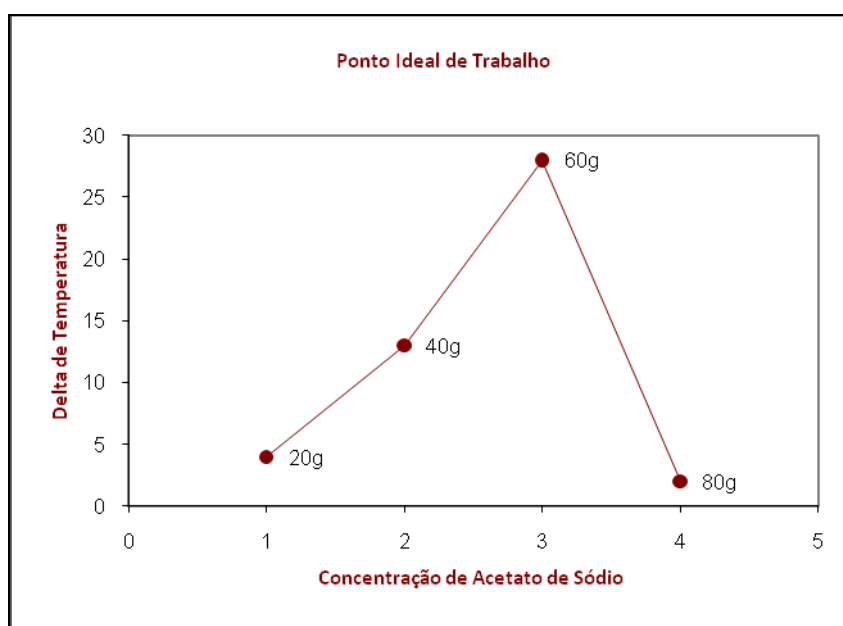


Gráfico 3. Ponto Ideal de trabalho com a solução supersaturada de acetato de sódio anidro.

11.4. Teste de Estabilidade

O objetivo desse teste é observar qual das soluções é mais estável em um determinado período de tempo. Refez-se as soluções nas concentrações 20g, 40g, 60g e 80g de Acetato de Sódio Anidro, colocou-se discos metálicos nas concentrações de 40g, 60g e 80g. Ao levar para casa, para assegurar que não sofressem perturbação, as soluções de 40g, 60g e 80g recrystalizaram-se. Houve duas tentativas domésticas de dissolução do cristais, ambas sem sucesso. Atribuiu-se ao fato dos béqueres serem de material polimérico dificultando-se a transferência de calor necessário para dissolução dos cristais.

O ponto Ideal de trabalho (que é a proporção da concentração de Acetato de Sódio para um volume de água destilada, que dê um delta de temperatura alto e ao mesmo tempo estável, ou seja, que cristalize somente quando induzida a nucleação) é a proporção de 60g de acetato de sódio anidro para 20mL de água destilada.

11.5. Montagem da Bolsa Thermal Comfort

A bolsa foi elaborada com a solução que apresentou melhor desempenho e estabilidade. As figuras 7- 11 ilustram a montagem e a reação.

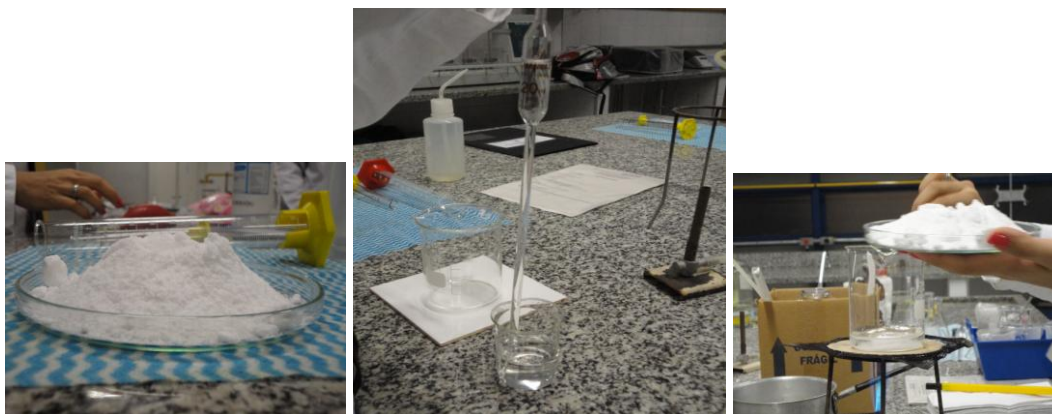


Figura 7. Preparação da solução.



Figura 8. Corte na bolsa para inserção do disco metálico.



Figura 9. Fechamento da bolsa por aquecimento.

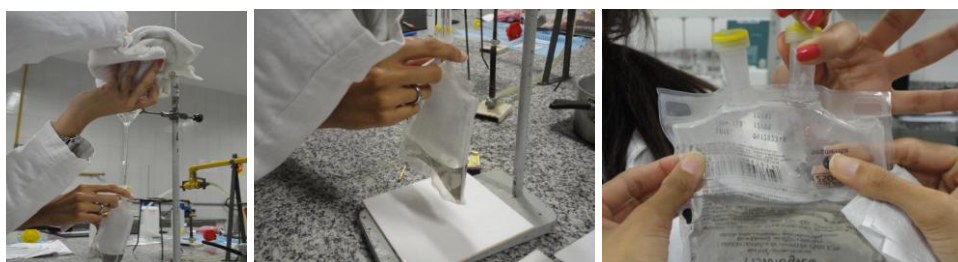


Figura 10. Transferência da Solução para a Bolsa.



Figura 11. Início da reação por ativação do disco metálico.

12. CONCLUSÃO

Os estudos de solubilidade, teor de sólidos, estabilidade e concentração foram imprescindíveis para descobrir qual a concentração ideal de saturação do sal. O ponto Ideal de trabalho (que é a proporção da concentração de acetato de sódio anidro para um volume de água destilada, que dê um delta de temperatura alto e ao mesmo tempo estável, ou seja, que cristalice somente quando induzida a nucleação) é a proporção de 60g de acetato de sódio anidro para 20mL de água destilada.

A liberação do calor ocorre porque ao dissolver o sal sob aquecimento, esse calor é absorvido pelas moléculas na solução e mantido até que haja a perturbação. Quando moléculas voltam para seu estado mais estável, que é na forma de cristais (solidificação), libera o calor, caracterizando uma reação exotérmica.

A Bolsa Thermal Comfort pode ser reutilizada, pois ao aquecê-la em banho - maria, os cristais dissolvem, voltando a ser solução, que pode ser perturbada novamente, liberando o calor. Esse aspecto é ambientalmente importante, pois evita a geração de resíduos no ambiente.

O custo final da bolsa é compatível no mercado, cerca de R\$14,99, o que torna o produto competitivo².

Dependendo da perturbação que a bolsa sofrer, a reação de nucleação pode ser iniciada, antes que o indivíduo “mexa” no disco metálico, sendo assim, ela pode cristalizar antes de ser utilizada, apresentando uma desvantagem.

Conclui-se enfim, que os objetivos foram atingidos com êxito e que a hipótese inicial estava correta.

13. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(1) GIL, Antonio Carlos. *Como elaborar projetos de pesquisa*. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

(2) Tema: Termoclick - Produtos de calor e frio - 09/09/2010

<http://www.termoclick.com.br/>

(3) Tema: Heat in a click – its ready for you! - 09/09/2010

<http://www.heatinaclick.com/>

(4) Tema: Como tratar dores musculares? - 25/08/2010

<http://www.lifemojo.com/lifestyle/como-tratar-dores-musculares-3109865/pt#ixzz13fB6Z5rA>

(5) Tema: Reação exotérmica – 18/10/2010

http://pt.wikipedia.org/wiki/Rea%C3%A7%C3%A3o_exot%C3%A9rmica

(6) Tema: Temperatura e calor - 09/09/2010

<http://www.brasilecola.com/fisica/temperatura-calor.htm>

² De acordo com pesquisas em lojas e sites de venda ambos os produtos custam em média R\$19,71(pesquisa realizada na rede mundial de computadores em 29/09/2011).

(7) Tema: Entalpia – 22/11/2010

<http://pt.wikipedia.org/wiki/Entalpia>

(8) PERUZZO, Tito Miragaia, CANTO, Eduardo Leite do. *Química Vol. Único*.

São Paulo: Moderna, 1999.

(9) Tema: Solução supersaturada - 01/11/2010

<http://www.agracadaquimica.com.br/index.php?&ds=1&acao=quimica/ms2&i=3&id=76>

(10) Tema: Acetato de Sódio - 23/11/2010

<http://www.mundodakeka.com.br/>

(11) NÓBREGA, Olímpio Salgado, et al. *Química Volume Único*. São Paulo: Editora Ática, 2008. 421,434,458,477 p.

(12) Tema: Fórmula estrutural do Acetato de Sódio – 01/11/2010

<http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Sodium-acetate-2D-skeletal.png>

(13) Tema: Acetato de Sódio – 01/11/2010

http://pt.wikipedia.org/wiki/Acetato_s%C3%B3dio

(14) Tema: Ensinar ciência por investigação: um desafio para os formadores – 02/06/2011

<http://qnesc.sbjq.org.br/online/qnesc29/06-RSA-7306.pdf>

(15) Tema: Medica Tech do Brasil - Tecnologia em bolsas térmicas instantâneas – 23/09/2010

http://www.google.com.br/imgres?imgurl=http://medicale.com.br/images/desenhos_05.gif&imgrefurl=http://medicale.com.br/faq.htm&usg=__qmSfLGem79Dy81fy6u7aVOYwVYI=&h=152&w=146&sz=5&hl=pt-br&start=185&zoom=0&tbnid=b7X0JrdDIV4MjM:&tbnh=96&tbnw=92&prev=/images%3Fq%3Dbolsa%2Btermica%2Bcom%2Bacetato%2Bde%2Bsodio%26start%3D180%26um%3D1%26hl%3Dpt-br%26sa%3DN%26tbs%3Disch:1&um=1&itbs=1

(16) Tema: Cloreto de Polivinila – 23/10/2010

http://pt.wikipedia.org/wiki/Cloreto_de_polivinila

(17) Tema: O que é o PVC? - 01/11/2010

<http://www.dacartobenvic.com.br/static/wma/pdf/1/2/0/5/9/O%20que%20%C3%A9%20PVC%20.pdf>

(18) Tema: Acetato de Sódio - 08/11/2010

<http://divulgarciencia.com/categoria/faca-voce-mesmo/page/3/>

(19) Tema: Recristalização do Acetato de Sódio

http://ensquimica.blogspot.com/2007/12/recristalizacao-do-acetato-de-sdio_04.html

(20) Tema: Cristalização - 23/10/2010

<http://dicionario.sensagent.com/cristaliza%C3%A7%C3%A3o/pt-pt/>

(21) Tema: FAQ Medicales Tech do Brasil - Tecnologia em bolsas térmicas instantâneas – 23/09/2010

<http://medicale.com.br/faq.htm>

(22) Tema: Imagem da bolsa térmica 05/10/2010

http://www.esacademic.com/pictures/eswiki/72/Hand_warmer.jpg

(23) WOLLHARDT, K. Peter C e SCHORE, Neil E. *Química Orgânica: estrutura e função*. 4ed. Porto Alegre: Bookman, 2004.

(24) Tema: Solubilidade do Acetato de Sódio - 14/03/2011

www.chemistry.about.com