

# Utilização da tecnologia Arduino na determinação da solubilidade de diferentes sais

## *Arduino technology use in determination of different solubility salts*



### Resumo:

A utilização de placas de controle I/O open-source, chamada Arduino, para automação e controle de processos, vem apresentando um significativo crescimento no mercado mundial. A maior vantagem de sua utilização sobre outras plataformas de desenvolvimento de microcontroladores é a facilidade de uso, podendo criar seus próprios projetos em um intervalo de tempo relativamente curto. Além disso, os resultados encontrados para os pontos de solubilidade dos sais encontram-se bem próximos dos valores encontrados como padrão em uma temperatura fixa, mostrando que essa tecnologia se mostra uma ótima ferramenta no auxílio de experimentos como esse.

### Abstract:

The use of control I/O cards open-source, called Arduino, automation and process control, has shown a significant growth in the world market. The biggest advantage to use on other microcontroller development platform is ease of use, can create their own projects in a relatively short time interval. In addition, the results for the salts solubility points are very close to the values found as standard on a fixed temperature, showing that this technology shows a great tool in helping experiments like this.

**João Pedro Ferreira<sup>1</sup>,  
Anderson Felipe Viana da Silva<sup>1</sup>,  
Rodrigo Lira de Oliveira<sup>1</sup>,  
Matheus Henrique Gouveia  
Gomes<sup>1</sup>,  
Thibério Pinho Costa Souza<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Graduando em Engenharia de Alimentos, pela Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE – Unidade Acadêmica de Garanhuns –UAG, Avenida Bom Pastor, s/n, Boa Vista - CEP: 55292-270. E-mail: joaoferreira@alimentos.eng.br, anderson\_fvs@hotmail.com, rodrigolira1@outlook.com, matheus\_hgg@hotmail.com.

<sup>2</sup> Professor assistente, pela Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE – Unidade Acadêmica de Garanhuns – UAG, Avenida Bom Pastor, s/n, Boa Vista - CEP: 55292-270. E-mail: thiberio\_souza@hotmail.com.

Contato principal:

**João Pedro Ferreira<sup>1</sup>**



**Palavras chave:** *Arduino UNO, Microcontrolador, Coeficiente de solubilidade*

**Keywords:** *Arduino UNO, Microcontroller, solubility coefficient*



## INTRODUÇÃO

Arduino é uma plataforma de prototipagem eletrônica de hardware livre e de placa única, projetada com um microcontrolador Atmel AVR com suporte de entrada/saída embutido, com uma linguagem de programação padrão, a qual tem origem em *wiring*, e é essencialmente C/C++ (Arduino, 2005). Segundo Banzi (2005) o Arduino UNO é um sistema eletrônico concebido na Itália, que começou a ser produzido em 2005 e desde então mais de 150.000 placas foram vendidas em todo o mundo. O número de placas-clone não oficiais sem dúvida supera o de placas oficiais, assim, é provável que mais de 500 mil placas Arduino e suas variantes tenham sido vendidas. Sua popularidade vem crescendo cada vez mais dentre os pesquisadores e profissionais das diversas áreas que percebem o incrível potencial desse maravilhoso produto de fonte aberta para criar projetos inovadores de forma rápida e de fácil manejo, servindo como uma ótima ferramenta na elaboração de projetos em escala piloto ou em dimensões maiores, visando melhorar o desempenho e o acompanhamento das operações industriais (McRoberts, 2011).

Existem diversos componentes que podem ser conectados ao Arduino, como LEDs, botões, motores, interruptores, receptores GPS, sensores de temperatura, etc. Um sensor de temperatura é o sensor capaz de transformar a temperatura em tensão elétrica, o mais usual é o LM35, uma vez que este não requer nenhum tipo de calibração externa para que seja possível fornecer os dados com precisão (Texas Instruments, 1999). O uso deste tipo de instrumento tende a auxiliar os processos industriais, principalmente no ramo alimentício que requer um acompanhamento operacional mais rigoroso.

A indústria de alimentos e a agrícola costuma utilizar diversas substâncias orgânicas e/ou inorgânicas para formulação de seus produtos. Os sais inorgânicos são exemplos de compostos utilizados, onde temos o NaCl que confere sabor e estabilidade aos produtos, o NaHCO<sub>3</sub> que estimula a fermentação química com o uso na indústria de massas, o KCl e o ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O que participam da composição de fertilizantes agrícolas e o K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> que pode atuar como regulador de acidez (Solutech ingredientes, 2010). Ao utilizar tais substâncias se faz necessário o conhecimento de várias propriedades físico-químicas, dentre elas temos a solubilidade (S) ou Coeficiente de Solubilidade (CS) que é definida como a maior quantidade dissolvida de soluto, a dada temperatura, em uma quantidade padrão de solvente (ATKINS, 2001).

A solubilidade da maioria dos solutos sólidos, em

água aumenta à medida que a temperatura da solução aumenta, e uma das formas de visualizar mais concretamente este fenômeno é através das curvas de solubilidade, que são gráficos cujo objetivo é representar a variação dos coeficientes de solubilidade das substâncias em função da temperatura (Brown, Le May Jr, Bursten e Burdge, 2005).

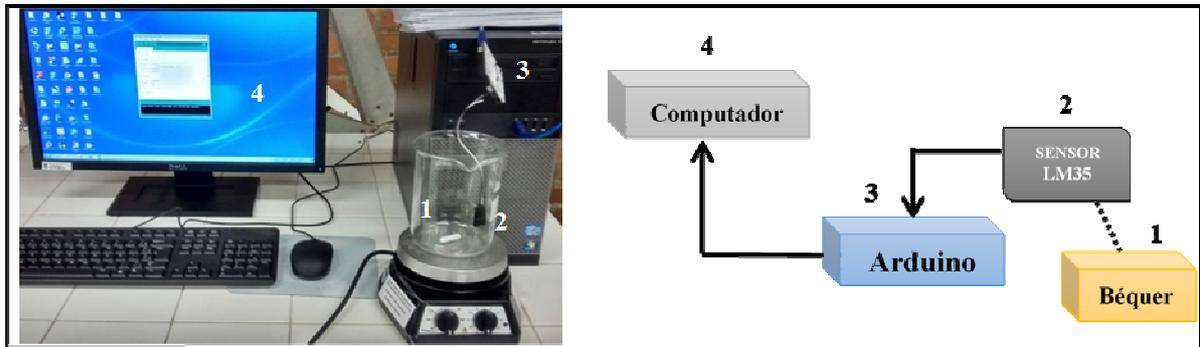
Correlato ao exposto anteriormente o presente trabalho tem como objetivo a utilização da tecnologia Arduino para criação de um sistema de monitoramento automático de temperatura para determinação do coeficiente de solubilidade (g de sal /100g de água) de alguns sais utilizados na indústria alimentícia e agrícola.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Laboratório de Ensino de Física da Universidade Federal Rural de Pernambuco/Unidade Acadêmica de Garanhuns (UFRPE/UAG). O processo monitorado foi à obtenção da curva de solubilidade dos seguintes sais: KCl (Cloreto de Potássio), NaCl (Cloreto de Sódio), NaHCO<sub>3</sub> (Bicarbonato de Sódio), K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> (Fosfato de Potássio) e ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O (Sulfato de Zinco Heptahidratado) a partir de um sistema de monitoramento representado na Figura 1.

Sob agitação contínua e em temperaturas fixas de 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65 e 70°C adicionou-se a maior quantidade de sal em 100g de água contida no béquer até que a solução chegasse à saturação, onde os cristais de sal não eram mais solubilizados na solução e se depositavam no fundo do béquer. Assim que os cristais começavam a não solubilizar anotava-se a quantidade de sal adicionado e elevava a temperatura para a faixa seguinte, onde era adicionado mais sal, o mesmo procedimento foi realizado para todos os sais.

Figura 1 - Representação esquemática do sistema de monitoramento do experimento



## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com o sistema de monitoramento montado, o código em linguagem C foi inserido na plataforma Arduino software 1.0.x e uma vez executado a leitura da temperatura era projetada no monitor com um *delay* de 1000 milisegundos pré-determinado, podendo-se acompanhar a temperatura com uma rápida velocidade de resposta e precisão, em virtude da sensibilidade do sensor LM35 e de acordo com a *datasheet* do sensor, fornecida pelo fabricante, foi necessário utilizar a expressão para a temperatura em função do valor em miliVolts lido, onde  $T = (\text{valor em mV} * (5/1023)) * 100$ , como pode-se observar na Figura 2.

Figura 2. Algoritmo do monitoramento

```
int SENSOR = 0; //Definindo variáveis para o sensor de temperatura
float S = 0; //Variável
float T = 0; //Variável

void setup()
{
  Serial.begin(9600); //Configurando taxa de transferência portal serial
  Serial.println("Lendo temperatura..."); //imprime na tela
}

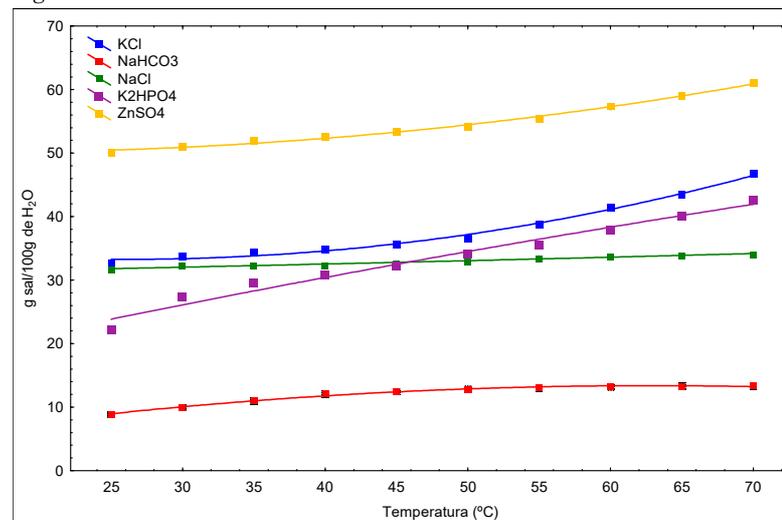
void loop()
{
  S = analogRead(SENSOR); //Lê porta analógica e armazena em S
  T = (S * 500) / 1023; //Conversão do sinal lido em T(temperatura)
  Serial.print(T); //Imprime o valor de T na tela
  Serial.println(" C"); //Imprime unidade em seguida

  delay(1000); //Tempo de resposta
}
```

E como descrito no procedimento experimental, obteve-se a massa solubilizada dos sais em dada temperatura, com isso, foram determinadas as seguintes curvas de solubilidade expressa em (g de sal /100g de água) em função da temperatura, como representado na Figura abaixo. Diante do gráfico é possível observar que a curva de solubilidade para cada sal se apresentou de forma

distinta, resultado já esperado, uma vez que a composição do sal e a interação química desses compostos interferem diretamente no seu comportamento em contato com a água. No processo de solubilidade de sais a sua molécula se dissocia em íons que irão interagir com a molécula de água de forma que seu cátion irá ser atraído pelo oxigênio da água (H<sub>2</sub>O) e o ânion pelos hidrogênios (CHEMWIKI, 2015).

Figura 3. Gráfico das curvas de solubilidade.



A Tabela 1 apresenta as equações para as curvas de solubilidade de cada sal utilizado e seus relativos fatores de regressão (R<sup>2</sup>). Com essas equações têm-se a ideia do comportamento de cada sal em relação a sua solubilidade, além disso, é possível observar que o KCl, o NaHCO<sub>3</sub> e o ZnSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O apresentam equações polinomiais de 2º grau, enquanto o NaCl e o K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> apresentam equações lineares para adequação a curva, pode-se também observar que existe realmente uma relação diretamente proporcional entre a quantidade de sal adicionada e a temperatura, pois a medida de que a temperatura

aumentava consequentemente uma maior massa de sal era dissolvida (Brown, Le May Jr, Bursten e Burdge, 2005).

Tabela 1. Equações para cada sal e Fatores de Regressão.

Sal	Equação	R <sup>2</sup>
KCl	$S(T) = 0,0068T^2 - 0,3557T + 37,895$	0,9919
NaCl	$S(T) = 0,0532T + 30,427$	0,9731
NaHCO <sub>3</sub>	$S(T) = -0,0031T^2 + 0,3887T + 1,1828$	0,9902
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	$S(T) = 0,0532T + 30,427$	0,9731
ZnSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	$S(T) = 0,0036T^2 - 0,1072T + 50,922$	0,9944

Os fatores de regressão (R<sup>2</sup>) apresentam valores bem próximos de 1, o que significa que as equações mostram com precisão o comportamento da solubilidade desses sais com o aumento da temperatura. Além disso, os valores de solubilidade apresentam valores próximos aos encontrados como padrão em uma dada temperatura, como mostrado na Tabela 2 (IUPAC, 2007).

Tabela 2. Tabela contendo os valores de solubilidade a 30°C no experimento e o padrão estabelecido.

Sal	Sol (30°C) Experimental	Sol (30°C) padrão
KCl	33,7	37,2
NaCl	32,2	36,09
NaHCO <sub>3</sub>	10	11,1
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	27,4	Não encontrado
ZnSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	50,9	53,8

No experimento observou-se uma proximidade grande para a solubilidade do sal na temperatura de 30°C, apresentando-se um pouco abaixo do padrão uma vez que o ponto máximo de solubilidade para cada temperatura era anotado quando o primeiro cristal de sal começava a se formar na solução.

## CONCLUSÕES

A precisão e a capacidade de aquisição de dados oferecida pelo Arduino e seus sensores possibilitam uma aproximação das reais curvas de solubilidade, fatores de regressão próximos de 1, além tornar possível a análise do comportamento de cada sal em relação a sua solubilidade, tornando a aplicação desta ferramenta como uma boa alternativa de monitoramento de processos industriais, e uma vantagem bem destacada neste estudo é a facilidade de comunicação da interface homem máquina.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARDUINO. (s.d.). **Arduino**. Disponível em <http://arduino.cc/>. Acesso em 19 de Setembro de 2015.
- ATKINS, P. **Princípios de química: questionando a vida moderna e o meio ambiente**. Porto Alegre: Bookman, 2001.
- BANZI E. - Das Zollwesen entlang der römischen Verkehrswege in Südtirol: alte und neue Schriftzeugnisse, in CIURLETTI G. & PISU N. (Eds.) I territori della «Via Claudia Augusta». Incontri di archeologia = Leben an der «Via Claudia Augusta»: archäologische Beiträge, Trento, pp. 184-189, 2005.
- BROWN, T. L., LE MAY Jr, H. E., BURSTEN, B. E., BURDGE, J. R., **Química, a Ciência Central**, Pearson-Prentice Hall, 9ª Edição, São Paulo, 2005.
- CHEMWIKI. **Solubility of Salts/Solubility Equilibria**. Disponível em: [http://chemwiki.ucdavis.edu/Textbook\\_Maps/General\\_Chemistry\\_Textbook\\_Maps/Map%3A\\_Lower's\\_Chem1/07b.\\_Solution\\_Chemistry/7b.6%3A\\_Solubility\\_of\\_Salts%2F%2FSolubility\\_Equilibria](http://chemwiki.ucdavis.edu/Textbook_Maps/General_Chemistry_Textbook_Maps/Map%3A_Lower's_Chem1/07b._Solution_Chemistry/7b.6%3A_Solubility_of_Salts%2F%2FSolubility_Equilibria), Acesso em 24 de setembro de 2015.
- INGREDIENTES, S. (Março de 2010). **Solutech Ingredientes**. Disponível em: <http://www.solutechingredientes.com.br/dipotac.html>, Acesso em 19 de setembro de 2015.
- INSTRUMENTS, T. (Agosto de 1999). **Texas Instruments**. Disponível em TI: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm35.pdf>, Acesso em 19 de setembro de 2015.
- IUPAC. **Solubility data series (online)**. Disponível em: <http://srdata.nist.gov/solubility/IUPAC/iupac.aspx>, Acesso em 24 de setembro de 2015.
- MCROBERTS, M. **Arduino Básico**. São Paulo: Novatec. 2011.