

IMPLEMENTAÇÃO EM SISTEMAS EMBARCADOS DO MODELO DE SIMULAÇÃO DA BRUSONE DO TRIGO

Henrique Gavioli Flôres

Acadêmico do curso de Ciência da Computação – Universidade de Passo Fundo
119694@upf.br

Eli Maruani

Mestrando do PPGCC - PUCRS
eli.maruani@gmail.com

Willingthon Pavan

Professor/Pesquisador do curso de Ciência da Computação – Universidade de Passo Fundo
pavan@upf.br

Carlos Amaral Hölbig

Professor/Pesquisador do curso de Ciência da Computação – Universidade de Passo Fundo
holbig@upf.br

Resumo. *A brusone é uma doença que afeta a cultura do trigo, causando grande perda de produtividade. O uso de modelos de simulação para prever o aparecimento desse tipo de patógeno se faz pertinente devido à importância econômica da cultura. O uso de sistemas embarcados para esta finalidade se torna interessante devido à possibilidade de se disponibilizá-lo dentro do campo para executar o modelo. O objetivo do presente trabalho é o estudo de sistemas embarcados na utilização de um modelo de simulação para monitoramento e auxílio no controle da brusone do trigo.*

Palavras-chave: *Brusone. Modelos de Simulação. Sistemas Embarcados.*

1. INTRODUÇÃO

O uso da computação em todas as áreas se deve em grande parte ao que chamamos de computação embarcada, ou sistemas embarcados. Estes são sistemas computacionais de propósitos específicos, normalmente construídos em dimensões reduzidas e de funcionamento autônomo (JUNG et al., 2005), sendo encapsulado de tal forma que muitas vezes sequer se percebe a sua existência.

Seguindo essa tendência, a Sun Microsystems desenvolveu o projeto Sun SPOT (Sun Small Programmable Object Technology) com o objetivo de incentivar o desenvolvimento de aplicações e dispositivos fazendo com que seus desenvolvedores pensem além do mouse e do teclado. O Sun SPOT conta com uma máquina virtual Java, baseada em Java ME, chamada Squawk, sendo executada diretamente no processador, sem utilizar um sistema operacional. Consequentemente, sua programação é feita em Java, usando JME além da SDK própria do kit Sun SPOT. O kit apresenta duas configurações distintas de SPOT: Base Station e eSPOT. A base station possui uma main board eSPOT sem bateria, nem placa de aplicação, sendo a energia fornecida por um cabo USB. Também funciona como um gateway de rádio entre outros Sun SPOTs, e, teoricamente, qualquer outro dispositivo IEEE 802.15.4 e algum outro host. A configuração eSPOT possui a mesma main board presente na base station, porém é alimentada por uma bateria recarregável LI-ION. Esse SPOT possui ainda um exemplo de “placa filha” que pode ser incorporada ao Sun SPOT, chamada de eDemo board. A eDemo board é uma placa de aplicação que possui alguns sensores, LEDs e área de prototipagem para serem usados

com as aplicações. Ela se comunica com a main board através de uma interface SPI (Serial Peripheral Interface). A descrição técnica detalhada do SUN SPOT e de seus componentes pode ser encontrada em SUN (2009). Essa possibilidade de comunicação e integração com sensores viabiliza a utilização do Sun SPOT em modelos de simulação que necessitem fazer coleta de dados de fatores externos, como temperatura e umidade relativa, por exemplo. Nesse contexto, podem-se utilizar os dados como entrada para um modelo de simulação da patologia de uma cultura agrícola, analisando os dados coletados e identificando a favorabilidade do aparecimento de uma determinada doença. A utilização de modelos de simulação na área agrícola tem auxiliado há mais de cinco décadas o estudo e análise de culturas e o entendimento dos conjuntos de fatores que atuam simultaneamente sobre elas, tornando realidade uma antiga ideia de representar fenômenos da natureza por meio de simuladores (PAVAN, 2007).

Além do Sun Spot, este projeto utilizou o micro controlador Arduino. O Arduino é uma plataforma de prototipagem eletrônica de hardware livre, projetada com um micro controlador Atmel AVR de placa única. Pode ser usado para o desenvolvimento de objetos interativos independentes, ou ainda para ser conectado a um computador hospedeiro. Uma autêntica placa de Arduino é composta por um controlador, algumas linhas de E/S digital e analógica, uma interface serial ou USB para interligar-se ao hospedeiro, que é usado para programá-la e interagir em tempo real. A placa de Arduino não possui nenhum recurso de conexão de rede, porém podem-se acoplar extensões apropriadas chamadas Shields para obter mais recursos para ampliar as funcionalidades do Arduino (McROBERTS, 2011).

O trigo (*Triticum aestivum*), cereal fonte de 20% do total de calorias consumidas pela humanidade, é a segunda maior cultura em

produção de grãos, tendo como um dos seus principais patógenos a brusone do trigo. A brusone é uma doença causada pelo fungo *Magnaporthe grisea* (anamorfo *Pyricularia grisea*) que afeta de forma limitante diversas culturas de grãos, provocando queda no rendimento e na qualidade destes. Seu hospedeiro mais importante é o arroz, porém mais de outras 50 gramíneas são afetadas por este patógeno (ALVES; FERNANDES, 2006).

O objetivo deste trabalho é o estudo de sistemas embarcados e utilização do Sun SPOT e do Arduino na aplicação de um modelo de simulação para monitoramento e auxílio no controle da brusone do trigo, baseado num modelo climático que avalia a relação entre temperatura e umidade relativa do ar sobre a intensidade da doença. Busca-se disponibilizar estes sistemas embarcados em um campo de trigo, coletando os dados climáticos e usando-os como entrada para o modelo, calculando desta forma a favorabilidade de ocorrência da brusone e enviando os dados para a estação base conectada a um PC (*Personal Computer* ou Computador Pessoal), para que este envie as devidas notificações aos usuários do sistema.

2. MODELO DE SIMULAÇÃO DA BRUSONE DO TRIGO

Um modelo de simulação da brusone do trigo, desenvolvido na linguagem de programação R (ADLER, 2012; R-PROJECT, 2012), foi estudado para sua posterior implementação em Java para o Sun SPOT e em C/C++ para o Arduino. Esse modelo é alimentado com uma matriz de dados com valores de temperatura, umidade relativa do ar, precipitação e velocidade do vento para cada hora do dia. O modelo então avalia, para cada hora, qual a favorabilidade do aparecimento da brusone, de acordo com as condições climáticas locais. Este modelo possui duas funções principais, chamadas de `tempFavorability()` e `wetnessFavorability()`, responsáveis por calcular a favorabilidade da

temperatura e do molhamento, respectivamente. Além destas, duas funções desenvolvidas em linguagem de programação C são utilizadas no modelo, `lwd()` e `meanTemperature()`. A primeira serve para calcular a quantidade de horas de molhamento foliar e a última para calcular as médias de temperatura para cada hora, apenas nas horas em que a planta esteve molhada.

3. O MODELO DA BRUSONE PARA O SUN SPOT

Uma implementação do modelo de simulação da brusone do trigo, baseada no modelo em R, foi desenvolvida em Java para o Sun SPOT. Esse modelo utiliza as leituras de temperatura e umidade relativa dos sensores para efetuar os cálculos de favorabilidade. As leituras são realizadas a cada minuto, lendo durante 10 segundos e dormindo durante os outros 50 segundos. Nesses 50 segundos o Sun SPOT entra em modo Deep-sleep para poupar energia. Esse procedimento é repetido até completar um ciclo de uma hora. Ao término de cada ciclo, a média das leituras de temperatura e umidade relativa são calculadas e os valores passados então para os métodos da classe “Condições” que implementa os métodos `calculaMolhamento()` e `mediaTemperaturas()`, equivalentes às funções `lwd()` e `meanTemperature()`. Os valores resultantes desses métodos são repassados para os métodos da classe “Favorabilidades” `tempFavorability()` e `wetnessFavorability()`, equivalentes às funções de mesmo nome no modelo de simulação em R.

Com a multiplicação dos resultados desses dois métodos é calculado o `dailyBrusone` (brusone diária). Um objeto da classe “Brusone” é instanciado e encarregado de guardar em seus atributos os valores de temperatura, umidade relativa, horas de molhamento, média das temperaturas nas horas de molhamento,

favorabilidade de molhamento, favorabilidade de temperatura e o `dailyBrusone`. Esse objeto é salvo na memória flash do Sun SPOT e também enviado, via interface de rede, para a estação base, juntamente com o estado atual da bateria. Após 24 ciclos de uma hora, os dados são eliminados da memória Flash do dispositivo e o processo inicia novamente.

4. O MODELO DA BRUSONE PARA O ARDUINO

O modelo implementado no Arduino contou com o uso de um micro controlador Arduino MEGA 2560 em conjunto com um Shield Ethernet. O projeto consistiu em transcrever o modelo do Brusone, originalmente em linguagem R, para a linguagem C/C++ (adaptada para o Arduino) e transferi-lo para um sistema embarcado utilizando Arduino.

O código consiste em acessar as informações de temperatura e umidade em um banco de dados e calcular a probabilidade da existência da doença Brusone, que ocorre em plantações de trigo.

A implementação do código foi feita em 2 etapas, sendo a primeira etapa a obtenção dos dados de temperatura e umidade por meio de sensores e através de cálculos a temperatura e umidade eram validadas conforme as medições de centros meteorológicos. A segunda etapa foi realizada acessando estas informações de temperatura e umidade diretamente do site do Instituto Nacional de Meteorologia (<http://www.inmet.gov.br/portal/>) e realizados os cálculos para validar as informações e verificar se existe ou não a possibilidade da existência da doença na cultura de acordo com os resultados gerados. Todas estas tarefas rodando diretamente na plataforma Arduino.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos com o trabalho foram satisfatórios, em termos de validação

das informações obtidas via sensores ou centros de meteorologias e da aplicação de fato do modelo da doença. Os objetivos referentes ao estudo da aplicação do Sun SPOT e do Arduino com um modelo de simulação da brusone do trigo foram atingidos e demonstraram sua viabilidade na utilização em uma aplicação prática.

Como trabalho futuro, poderia ser desenvolvido um sistema de liberação de pesticidas, que ao receber os alertas de favorabilidade do sistema embarcado instalado na plantação, e dependendo da severidade da doença, acionaria um mecanismo para a liberação do pesticida. Também poderia ser desenvolvida para o modelo atual, uma comunicação com outros sistemas embarcados que, de forma dinâmica, identificariam a presença dos outros demais dispositivos espalhados no campo de trigo, que compartilhariam as informações geradas por cada um e realizariam uma decisão em conjunto. Uma integração com o sistema SisAlert (Pavan et al., 2006), um sistema computacional com finalidade de auxiliar na tomada de decisões e em programas de manejo de culturas, também seria interessante.

Por fim, entre os dois sistemas embarcados estudados, recomenda-se o uso do Arduino devido ao seu baixo custo e a fácil utilização (ou acoplagem) de sensores em sua estrutura.

6. REFERÊNCIAS

ADLER, J. **R in a Nutshell**. 2. ed. EUA: O'Reilly, 2012.

ALVES, K. J. P.; FERNANDES, J. M. C. Influência da temperatura e da umidade relativa do ar na esporulação de *Magnaporthe grisea* em trigo. **Fitopatologia Brasileira** 31:579-584. 2006.

FIETZ, C. R.; COMUNELLO, E.; SILVA, L. E. P. da; SOUZA, P. S. de. Sistema de monitoramento agroclimático da Região de

Dourados, MS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROINFORMÁTICA, 7., 2009. **Anais...** Viçosa, MG: UFV, 2009.

JUNG, C. R. et al. Computação Embarcada: Projeto e implementação de veículos autônomos inteligentes. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE COMPUTAÇÃO, 25. **Anais...** São Leopoldo. São Leopoldo: Unisinos, 2005.

McROBERTS, M. **Arduino Básico**. São Paulo: Novatec, 2011.

PAVAN, W. et al. Web-based system to true-forecast disease epidemics - sisalert. In: WCCA 2006 - World Congress on Computers in Agriculture and Natural Resources, 2006, Orlando, FL, EUA. **Proceedings of 4th World Congress**. St. Joseph, Michigan, EUA: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2006.

PAVAN, W. **Técnicas de engenharia de software aplicadas à modelagem e simulação de doenças de plantas**. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo. 2007.

R-PROJECT. **R Project for Statistical Computing**. Disponível em: <<http://www.r-project.org/>>. Acesso em 7 jan. 2012.

SUN MICROSYSTEMS. **Sun SPOT: Theory of Operation. Red Release 5.0**. Santa Clara: Sun Microsystems, 2009.