

SAGIR- SISTEMA AUTONOMICO PARA CONTROLE DE IRRIGAÇÃO

Rafael Pereira Filqueiras¹, Francislene dos Santos Tavares², Emerson Almeida de Sousa², Ramásio Ferreira de Melo³, José Mendes de Menezes⁴, Rogério Pereira de Sousa⁵

¹Graduado em Licenciatura em Computação - IFTO. Araguatins. e-mail <rafaelfilqueiras21@gmail.com >

²Graduandos em Licenciatura da Computação - IFTO. Araguatins. e-mail < francislene.acad@gmail.com ; emerson-als@hotmail.com >

³Mestre em Educação, Docente- IFTO. Araguatins. e-mail < ramasiomelo@ifto.edu.br >

⁴Especialista em Docência do Ens. Superior, Docente- IFTO. Araguatins <jose.menezes@ifto.edu.br >

⁵Mestre em Eng. de Produção e Sistemas, Professor - IFTO. Araguatins < rogerio.pereira@ifto.edu.br >

Resumo: O presente trabalho visa analisar a aplicabilidade do SAGIR como processo de automação do controle da irrigação agrícola. O sistema foi desenvolvido com a linguagem de programação Java e conta com um banco de dados MySQL para o armazenamento de informações, além da rede de sensoriamento em Arduino, para estabelecer a comunicação e coletar os parâmetros do ambiente, o modelo MAPE-K é a base que define os padrões e guia as etapas necessárias para a irrigação. Fez-se a montagem de uma estufa para o plantio da alface, cultura escolhida para o monitoramento com o seu ciclo de desenvolvimento respeitado, portanto o sistema teve como base os seus parâmetros para a tomada de decisão. A partir da análise observou-se que sistema consegue agir de maneira autônoma, gerenciando todas as etapas necessárias para efetivar a irrigação da cultivar sempre que necessário e atua controlando a umidade do solo em conformidade com as necessidades hídricas da planta e do solo. Diante da proposta do SAGIR, pode-se concluir que o mesmo é uma solução viável para o setor de irrigação agrícola, pois facilita os processos de monitoramento da cultivar, desempenhando um papel formidável ao realizar a irrigação da cultura.

Palavras-chave: computação autônoma, irrigação, monitoramento, sensores

1 INTRODUÇÃO

O setor de irrigação agrícola acaba sendo comprometido devido às práticas utilizadas inadequadamente, pois afetam a produção, as técnicas de manejo se sobressaem às novas tecnologias, que podem ser alternativas viáveis para melhorar estes processos.

As decisões que são tomadas sobre os processos agrícolas revelam um elevado nível de complexidade e incerteza, o que também condiciona os agricultores que raramente possuem a informação e as ferramentas necessárias para aumentar a produtividade das suas explorações agrícolas (PINHO *et al.*, 2015). Além do elevado uso da mão-de-obra para realizar os processos.

Os sistemas baseados nos princípios de Computação Autônoma (AC, *Autonomic Computing*) podem ser uma solução viável, pois são capazes de se auto gerenciar se adaptando as mudanças no ambiente e podem atuar no monitoramento da produção.

O sistema autônomo foi proposto pela IBM e deve apresentar as habilidades de autoconfiguração, auto-otimização, autoproteção e autoreparo. Para tanto, atua monitorando, analisando, planejando e executando, se valendo do conhecimento que possui. Essas ações são tão

importantes que são denominadas por fases em um ciclo de controle (HUEBSCHER; MCCANN, 2008).

O MAPE-K, é um modelo de referência para atender as características de um elemento autônomo, possuindo cinco fases que são: monitoramento, análise, planejamento, execução e conhecimento (base de conhecimento). Este propõe atender as características de um elemento autônomo.

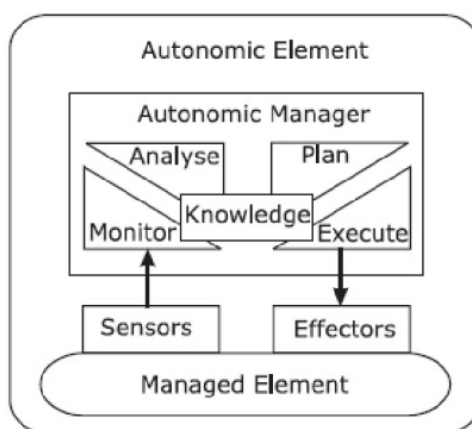


Figura 1: Modelo MAPE-K para o elemento autônomo (HUEBSCHER; MCCANN, 2008).

Atualmente existem diversos sistemas autônimos, inclusive os que visam dar autonomia nos processos de irrigação. Como o estudo de caso de um sistema de irrigação em um campo de futebol, que de acordo com os testes realizados, o processo da irrigação desse sistema pode ser realizado de forma automática, porém o sistema não tem a capacidade de atuar de maneira cem por cento autônoma, já que para se realizar o controle da água utilizada há a necessidade da presença de um operador. (BRAGA 2016).

O SAGIR é capaz de realizar a irrigação e monitorar uma cultura sem a necessidade da intervenção humana. Para os testes foi utilizado a cultura da alface, o sistema compara os parâmetros da cultura com os coletados no ambiente (temperatura ambiente, umidade do solo e umidade do ar) obtidos através de sensoriamento remoto, e assim determina o período que a planta e o solo precisam ser irrigados durante as fases de seu desenvolvimento.

2 METODOLOGIA

O sistema adotou a metodologia SCRUM como técnica de gerenciamento, para as divisões das tarefas, e foi desenvolvido com banco de dados MySQL e a linguagem de programação

orientada a objetos Java dentro da plataforma NetBeans foram utilizados para o desenvolvimento, gerando uma estrutura de código com base de dados específicos para a aplicação.

O sistema também conta com o sensoriamento, que foi efetivado por módulos de *Redes de Sensores Sem Fio* (RSSF) na plataforma Arduino, capaz de fornecer todas as informações do ambiente necessárias para a comparação no processo de gerenciamento do sistema, como: umidade do ambiente; umidade do solo e temperatura. Os componentes utilizados para a implementação da RSSF foram: Módulos Sensores de umidade de solo, umidade do ar e temperatura do ambiente; Módulos de Controle de Água (Relés e Válvulas Solenóide); Módulo Receptor Central Sem Fio (sorvedouro).

A estrutura de rede utilizada na aplicação é a topologia estrela, onde todos os sensores do ambiente deverão estabelecer comunicação para o envio de dados à respectiva unidade central de processamento, enquanto a central responsável pelo envio da decisão estabelecida pelo sistema comunica-se com os sensores de controle da válvula solenoide. As comunicações das centrais funcionam com a utilização de portas seriais USB (Figura 2).

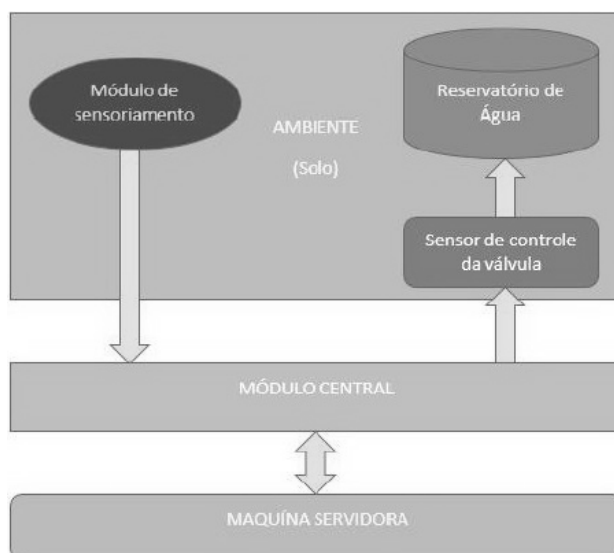


Figura 2: Modelo Proposto do SAGIR com a RSSF aplicada à irrigação do Alface. Fonte: autor 2017.

O sensor de transmissão da central, envia a decisão para o sensor de recepção de controle da válvula solenoide, que conforme a decisão recebida, liga a válvula permitindo a irrigação ou a desliga interrompendo a irrigação no solo monitorado.

Para fins de teste do sistema a alface (*Lactuca sativa*) foi escolhida por ser uma cultivar de rápido ciclo desenvolvimento, de fácil plantio e um custo relativamente baixo. Dessa forma, as

características da cultivar, solo e clima, foram considerados como parâmetros para o desenvolvimento do sistema e tomada de decisão quanto ao gerenciamento da irrigação. O plantio da cultura foi feito em uma estufa, previamente montada para os testes.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O sistema segue modelo Mape-k como referência para o controle de suas ações. É apropriado lembrar que o embasamento do modelo MAPE-K é o conhecimento, onde o sistema identifica suas fragilidades e limitações, sendo capaz de aprender e reagir para sempre buscar equilíbrio no seu funcionamento.

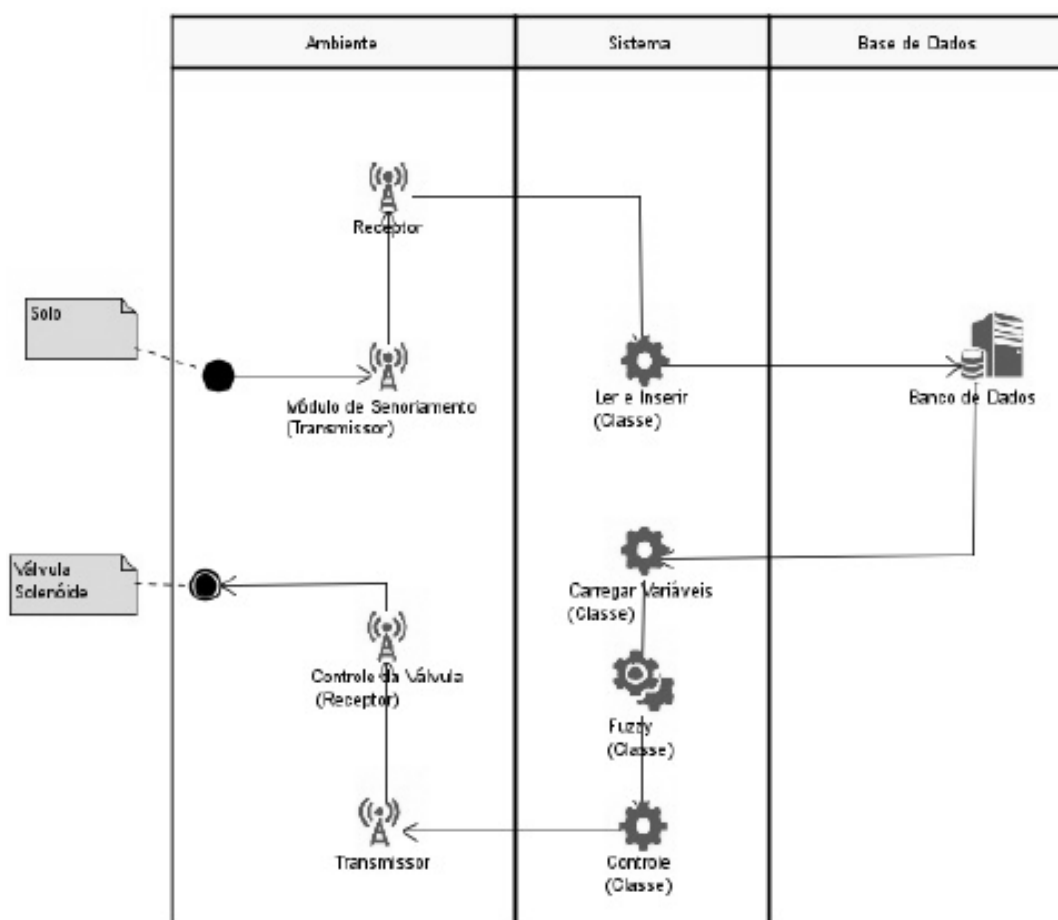


Figura 3: Diagrama de atividade, ilustrando todo o ciclo do sistema. Fonte: autor 2017.

A figura 3 ilustra o ciclo de execução do sistema SAGIR, que inicia-se no ambiente, especificamente no solo, onde, o módulo de sensoriamento composto por um sensor transmissor, um sensor de umidade do solo, um sensor de umidade do ar e temperatura, enviam os dados

obtidos no solo para o módulo central (sensor de recepção) que recebe os dados para o controle e os armazena em um *txt*.

A classe ler e inserir é responsável por capturar os dados do arquivo de texto e armazená-los preenchendo uma estrutura de vetores que ordenam os dados de sensoriamento em caso de vários gerenciamentos para que sejam gravados na base de dados, conforme as regras de organização e média aritmética do parâmetro de umidade do solo.

A lógica *fuzzy* foi aplicada no sistema como o ponto de comparação que a estrutura de organização utiliza para separação dos sensores. Ao executar os passos até ativar o serviço da irrigação, o sistema SAGIR identifica, trata e utiliza os dados para aplicar as regras da lógica *fuzzy* implementadas no software, a função é executada interpretando as informações e então o sistema decide se o conhecimento é útil ou não para a aplicação, repassando para a central a tomada de decisão (irrigar; manter irrigando; desativar irrigação; manter desativada).

A alface foi a cultura totalmente irrigada pelo SAGIR. Porém o sistema é capaz de realizar o monitoramento de outras culturas, fazendo o uso de outros módulos de sensoriamento que podem ser cadastrados.

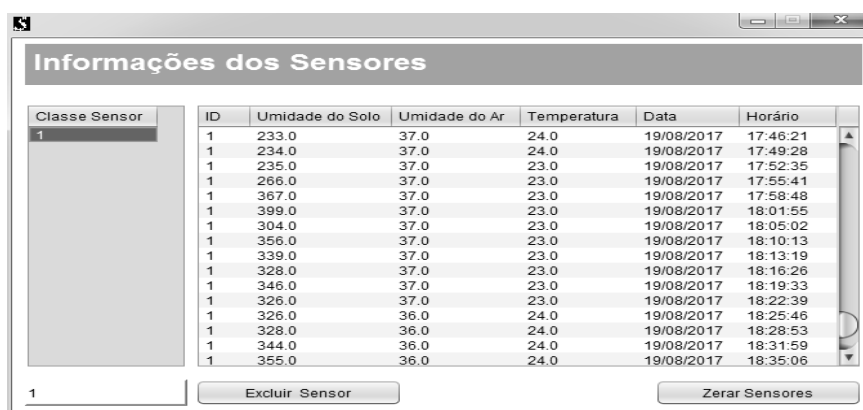
<pre> A x = 14, sr = 1 Início: 740- Fim: 850 ID - 1,Conjunto - 1,286,64,28 ID - 2,Conjunto - 1,900,0,0 ID - 3,Conjunto - 1,286,0,0 ID - 1,Conjunto - 1,286,64,28 ID - 2,Conjunto - 1,900,0,0 ID - 3,Conjunto - 1,286,0,0 ID - 2,Conjunto - 1,900,0,0 ID - 3,Conjunto - 1,286,0,0 ID - 1,Conjunto - 1,286,64,28 ID - 2,Conjunto - 1,900,0,0 ID - 3,Conjunto - 1,286,0,0 ID - 2,Conjunto - 1,900,0,0 ID - 1,Conjunto - 1,286,64,28 ID - 2,Conjunto - 1,900,0,0 ID - 3,Conjunto - 1,286,0,0 ID - 1,Conjunto - 1,286,64,28 ID - 2,Conjunto - 1,900,0,0 s = 14 </pre>	<pre> B Baixa - 1,1,286,64,28 Alta - 2,1,900,0,0 Baixa - 3,1,286,0,0 Baixa - 1,1,286,64,28 Alta - 2,1,900,0,0 Baixa - 3,1,286,0,0 Alta - 2,1,900,0,0 Baixa - 3,1,286,0,0 Baixa - 1,1,286,64,28 Alta - 2,1,900,0,0 Baixa - 3,1,286,0,0 Alta - 2,1,900,0,0 Baixa - 1,1,286,64,28 Alta - 2,1,900,0,0 a = 6. m = 0 b = 8 </pre>
--	---

Figura 4- Resultado da classe “ler e inserir” apresentando o modulo de sensoriamento cadastrado e os seus respectivos sensores. Fonte: autor 2017.

Como visto na figura 4, no lado A, somente um módulo de sensoriamento está cadastrado que é o *conjunto* com *id* 1, esse conjunto é o módulo de sensoriamento que pode receber um ou mais sensores para realizar o monitoramento da cultura, que como visto estão com ID 1, 2 e 3 dentro do *conjunto* 1.

Esse modulo de sensoriamento recebe os dados do ambiente como representado no labo B, dos 3 sensores que estão no módulo 1 (*conjunto 1*), é importante ressaltar que um modulo de sensoriamento pode monitorar somente uma cultura, devido aos parâmetros estipulados pelo

usuário que são particulares de cada uma, porém o sistema pode ter mais de um módulo cadastrado, sendo capaz de monitorar mais de uma cultura, simultaneamente. Vale ressaltar que o sistema é independente da rede de sensoriamento, como mostrado em outros trabalhos iniciais do SAGIR utilizando protocolo ZIGBEE, que é composto por três tipos de dispositivos, os coordenadores, roteadores e nodos sensores. (OLIVEIRA, 2015)



Classe Sensor	ID	Umidade do Solo	Umidade do Ar	Temperatura	Data	Horário
1	233.0	37.0	24.0	19/08/2017	17:46:21	
1	234.0	37.0	24.0	19/08/2017	17:49:28	
1	235.0	37.0	23.0	19/08/2017	17:52:35	
1	266.0	37.0	23.0	19/08/2017	17:55:41	
1	367.0	37.0	23.0	19/08/2017	17:58:48	
1	399.0	37.0	23.0	19/08/2017	18:01:55	
1	304.0	37.0	23.0	19/08/2017	18:05:02	
1	356.0	37.0	23.0	19/08/2017	18:10:13	
1	339.0	37.0	23.0	19/08/2017	18:13:19	
1	328.0	37.0	23.0	19/08/2017	18:16:26	
1	346.0	37.0	23.0	19/08/2017	18:19:33	
1	326.0	37.0	23.0	19/08/2017	18:22:39	
1	326.0	36.0	24.0	19/08/2017	18:25:46	
1	328.0	36.0	24.0	19/08/2017	18:28:53	
1	344.0	36.0	24.0	19/08/2017	18:31:59	
1	355.0	36.0	24.0	19/08/2017	18:35:06	

Figura 5: Informação dos Sensores. Dados recebidos pelos sensores que já estão armazenados no bando de dados e serão comparados com os parâmetros já estabelecidos. Fonte: autor 2017.

Após a conclusão de configuração da cultura e solo a serem monitorados, o SAGIR inicia todos os procedimentos, obtendo os dados do ambiente através do sensoriamento e comparando com a base de dados, como visto na figura 5 estão os dados com as respectivas datas e horários em que foram armazenados no bando de dados. Como dito um modulo pode ter um ou mais sensores cadastrados, o que não afeta o seu funcionamento pois o sistema é tolerante a falhas.

Essas análises foram feitas com base no período de atuação de 60 dias do SAGIR, que mostrou ter uma boa adaptabilidade as mudanças ocorridas no ambiente, pois em dias de chuva o sistema realizava a análise dos dados coletados e não efetivava a irrigação, pois percebia que o solo estava molhado e a planta não necessitava de mais água naquele momento.

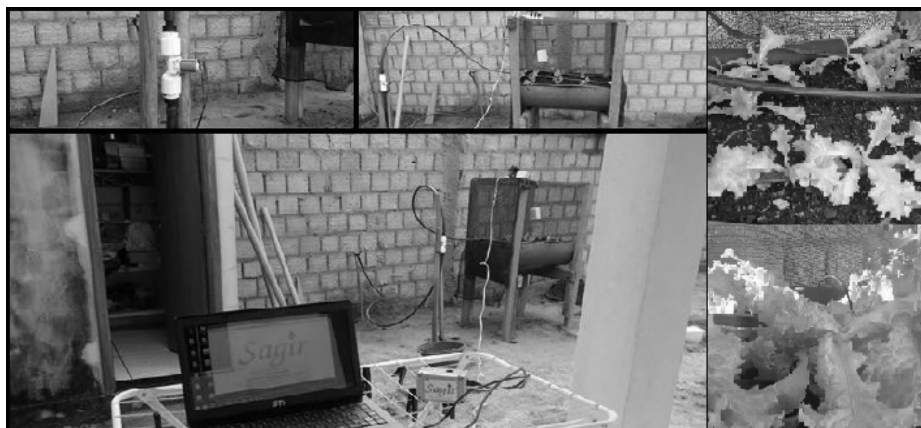


Figura 6: fase de teste do monitoramento da cultivar alface, com toda a estufa montada e o plantio que foi realizado com mudas pequenas, é possível perceber o desenvolvimento da planta durante esse período. Fonte: autor.

O sistema emite mensagens de texto e voz, ao usuário, da ação executada no momento, podendo ser vistas diretamente na tela inicial do sistema e nos relatórios que são gerados com o objetivo de manter o usuário informado sobre a cultura e solo que estão sendo monitorados.

INFORMAÇÕES DA CULTURA				
Nome da Planta: Alface	Variedade: Crocandela	Fase Atual: 1		
Espécie: Americana	Duração do Ciclo: 60 dias			

INFORMAÇÕES DA ANÁLISE FÍSICA				
Nº da Amostra: 01	Quantidade:			
Tipo do Solo: Argila	Areia	Argila	Silte	Purosidade
	20 %	30 %	21 %	29 %

INFORMAÇÕES DO SENSOR					
Classe de Sensores	Status da Valvula	ID do sensoramento	Data/Hora	Tempo de Irrigação	
1	Ativado	5218	10/08/2017 17:47:52	17:47:52	17:47:52
1	Desativado	5219	10/08/2017 17:51:59	17:51:59	17:51:59
1	Ativado	5220	10/08/2017 17:55:12	17:55:12	17:55:12
1	Ativado	5222	10/08/2017 18:01:23	18:01:23	18:01:23
1	Desativado	5224	10/08/2017 18:13:21	18:13:21	18:13:21
1	Ativado	5225	11/08/2017 11:35:10	11:35:10	11:35:10
1	Desativado	5240	11/08/2017 12:22:58	12:22:58	12:22:58
1	Ativado	5326	11/08/2017 17:09:31	17:09:31	17:09:31
1	Desativado	5329	11/08/2017 17:56:29	17:56:29	17:56:29
1	Ativado	6094	13/08/2017 12:27:06	12:27:06	12:27:06

Figura 7: Relatório gerado pelo SAGIR, que possibilita ao usuário o devido controle sobre datas e horários que se efetivou a irrigação, bem como identificar o respectivo módulo de sensoramento que possibilitou a tomada de decisão do sistema. F

O SAGIR atuou durante essa fase de testes de forma autônoma, porém pequenas intervenções humanas foram necessárias durante esse período, questões como falta de água e energia não seriam resolvidas pelo sistema e portanto apesar do sistema conhecer a necessidade da planta (no caso da falta de água) ele não poderia atuar, portanto fez-se necessário a intervenção na irrigação da cultivar.

Atualmente o SAGIR atende a todos os requisitos de sua proposta inicial, que é atuar como um sistema autônomo no gerenciamento e processos de irrigação, porém apesar de apresentar essa complexidade no sistema atual, o mesmo ainda pode ter melhorias quanto ao seu funcionamento.

Melhorando a interface, para se tornar ainda mais intuitivo ao usuário, implementar uma tomada de decisão bem mais rápida pelo sistema melhorando a sua comunicação com a rede, e

realizar o controle de vazão de água, para que se calcule os gastos excessivos na irrigação agrícola e tenha a possibilidade de reduzir os mesmos, além de.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sistema consegue atuar de maneira autônoma efetivando os processos de irrigação da cultivar alface, obedecendo todos os seus parâmetros e monitorando o ciclo da cultura. É fato que facilita o trabalho humano dentro a irrigação agrícola, reduzindo a mão-de-obra utilizada nos serviços e realizando uma irrigação com precisão.

O SAGIR no monitoramento da alface, foi capaz de se adaptar a diversas mudanças do ambiente (temperatura ambiente, umidade do solo e umidade do ar) e atuar sobre as necessidades específicas da planta, sendo também um sistema independente de rede, mostrando-se autoadaptativo.

Diante de todos esses fatos e resultados obtidos, pode-se afirmar a utilidade positiva da computação autônoma dentro do setor agrícola, especificamente na irrigação produção. O sistema contribui com muita praticidade as práticas de irrigação agrícola, sendo um desenvolvimento das tecnologias para essa área, apesar de ainda poder receber melhorias como um gerenciador autônomo de irrigação.

REFERÊNCIAS

BRAGA, Isaac P. C.; ANDRADE, Camila L; MEDEIROS, Katia P. F. M.; DANTAS, Halison F. B.; REIS, Renato B. **Análise do sistema de irrigação automatizado com estudo de caso no campo de futebol da UFERSA campus Mossoró-RN**. ENEGEP. 2016. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_226_316_29016.pdf> Acesso em: 12 ago. 2017.

HUEBSCHER, Markus C.; MCCANN, Julie A. A survey of autonomic computing—degrees, models, and applications. **ACM Computing Surveys (CSUR)**, v. 40, n. 3, p. 7, 2008. Disponível em: <<http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1380585>>. Acesso em: 25 jul. 2017.

MACEDO, Daniel Fernandes. **Computação Autônoma**. 2012. Disponível em: <<http://homepages.dcc.ufmg.br/~damacedo/publications/rt01-2012.pdf>>. Acesso em: 12 ago. 2017.

OLIVEIRA, Michael Douglas et al. Autonomic Model for Irrigation Control. **International Journal of Computer Science and Network Security (IJCSNS)**, v. 15, n. 4, p. 31, 2015. Disponível em: <http://paper.ijcsns.org/07_book/201504/20150405.pdf>. Acesso em: 05 ago. 2017.



PINHO, Tatiana; BOAVENTURA-CUNHA, José; MORAIS, Raul. Tecnologias da eletrônica e da computação na recolha e integração de dados em agricultura de precisão. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 38, n. 3, p. 291-304, 2015. Disponível em: <
<http://www.scielo.mec.pt/pdf/rca/v38n3/v38n3a03.pdf>>. Acesso em: 15 ago. 2017.