

UM ESTUDO DA VARIABILIDADE MICROCLIMÁTICA EM UM VINHEDO CULTIVADO SOB COBERTURA PLÁSTICA MEDIANTE O USO DE UMA REDE DE SENSORES SEM FIO

JUAN C. C. BENAVENTE¹, CARLOS E. CUGNASCA², HENRIQUE P. SANTOS³

¹ Bacharel em Engenharia de Sistemas, Mestrando, Depto de Engenharia de Computação e Sistemas Digitais, Escola Politécnica, USP, São Paulo - SP, juan.benavente@poli.usp.br

² Engº Eletricista, Prof. Livre-docente, Depto de Engenharia de Computação e Sistemas Digitais, Escola Politécnica, USP, São Paulo - SP

³ Engº Agrônomo, Doutor, Embrapa Uva e Vinho, Bento Gonçalves - RS

Apresentado no
Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2010
27 a 29 de setembro de 2010 - Ribeirão Preto - SP, Brasil

RESUMO: As variáveis ambientais em um cultivo protegido experimentam algumas alterações espaciais e temporais. Para conhecer melhor o comportamento dessas variáveis, e dessa forma, atuar com mais eficácia na cultura, aplicando os conceitos da agricultura de precisão, podem-se utilizar novas tecnologias que forneçam maior suporte à melhor tomada de decisões. Apresenta-se uma avaliação da variabilidade microclimática dentro de um vinhedo cultivado sob cobertura plástica, fazendo uso de uma Rede de Sensores sem Fio. Os resultados mostram a existência da variabilidade microclimática dentro do vinhedo, tanto a diferentes alturas da videira, como espacialmente, a qual é maior durante o dia do que durante a noite. Após a avaliação da utilização dessa rede em campo, foram percebidos alguns desafios a serem considerados na tentativa de melhorar o desempenho da mesma, como a incorporação de novos tipos de sensores. Porém, pelas vantagens observadas do uso desta tecnologia em relação a um sistema de monitoramento convencional, considera-se promissora a sua adoção na viticultura brasileira.

PALAVRAS-CHAVE: monitoramento microclimático, redes de sensores sem fio, viticultura de precisão.

A STUDY ON MICROCLIMATE VARIABILITY IN A VINEYARD CULTIVATED UNDER PLASTIC OVERHEAD COVER THROUGH THE USE OF A WIRELESS SENSOR NETWORK

ABSTRACT: Environmental variables in a protected cultivation experiment some spatial e temporal changes. For a better understanding of the behavior of these variables, and thus, to act more efficiently into the crops, applying precision agriculture concepts, new technologies that help a better decision-making can be incorporated. An evaluation of microclimate variability within a vineyard cultivated under plastic overhead cover, using a wireless sensor network, is presented. The existence of microclimatic variability at different heights of the vine, and spatially, within the vineyard is shown, which is greater during the day than at night. From the evaluation of the network to the crop, challenges were perceived and are considered in an attempt to improve network performance, such as the incorporation of new types of sensors. However, due to the benefits observed with the use of this technology as compared to a conventional monitoring system, its adoption in Brazilian viticulture is considered promissory.

KEYWORDS: microclimate monitoring, wireless sensor networks, precision viticulture.

INTRODUÇÃO: A agricultura de precisão (AP) é uma filosofia de trabalho que difere da agricultura convencional na aplicação do conceito de “manejo sítio específico”, o qual consiste em dividir o terreno em parcelas e tratá-lo diferentemente, dependendo das necessidades de cada parcela, conseguindo assim, vantagens econômicas e benefícios para o meio ambiente (MOLIN, 2004;

MANTOVANI, 2000). A aplicação da tecnologia de Rede de Sensores sem Fio (RSSF) na viticultura permite a adoção dos conceitos da AP, possibilitando um melhor gerenciamento da variabilidade microclimática, e desta forma, possibilita que o agricultor esteja capacitado a atuar proativamente ante os problemas que possam afetar a cultura, procurando utilizar apenas os recursos necessários (MARIÑO et al., 2008; MORAIS et al., 2008; BURREL et al., 2004). Uma RSSF é constituída por um conjunto de dispositivos chamados nós sensores, com a capacidade de sensorear o ambiente no qual são incorporados (YICK et al., 2008; WANG et al., 2006). Na viticultura, o clima é um fator de grande importância na qualidade das uvas, devido a sua influência no desenvolvimento fenológico das videiras (PROTAS, 2003), e mesmo no caso dos cultivos protegidos, o microclima apresenta algumas alterações, influenciando na fisiologia da planta, sendo de interesse o monitoramento dessas variáveis ambientais (CHAVARRIA et al., 2009). Os trabalhos de pesquisa que vêm sendo desenvolvidos pela Embrapa Uva e Vinho de Bento Gonçalves, RS utilizam psicrômetros, os quais ficam conectados a um equipamento de aquisição de dados (*data logger*) por meio de um cabo, apresentando algumas limitações como a mobilidade e a implantação dos sensores, dentre outras. Avalia-se neste trabalho o uso de uma RSSF para o monitoramento microclimático dentro de um vinhedo cultivado sob cobertura plástica, assim como o desempenho dessa rede para esse tipo de aplicação.

MATERIAL E MÉTODOS: Utilizou-se uma RSSF comercializada pela empresa americana *Crossbow Technology Inc.* (CROSSBOW, 2010), constituída por 10 nós sensores (motes MicaZ com placa sensora MTS400) e um módulo de coleta das informações desses nós (gateway) modelo MIB520. Os motes MicaZ operam na banda de 2,4 GHz, com um transceptor de radiofrequência integrado, baseado no padrão IEEE 802.15.4 (IEEE, 2010), um microcontrolador Atmega128L, e são alimentados por par de pilhas tipo AA. Mediante a placa MTS400 é possível medir cinco tipos de variáveis: umidade relativa, temperatura, pressão barométrica, luminosidade e aceleração em dois eixos. O *gateway* utiliza uma interface USB para a sua conexão em um computador, e sua função é permitir que os dados coletados pela rede sejam armazenados em um banco de dados e visualizados na tela desse computador, sendo possível também, a comunicação e reprogramação dos nós sensores. Para essa visualização e gerenciamento dos dados utilizou-se o software MoteView 2.0F, fornecido pela mesma empresa, que permite o armazenamento e visualização dos dados, bem como a opção de exportá-los com diferentes formatos (xml, sql, cvs). Como protocolo de rede utilizou-se o XMesh no modo *Low Power* para minimizar o consumo de energia, e o *firmware* instalado nos nós sensores é um aplicativo desenvolvido na linguagem nesC (NESC, 2010), uma extensão da linguagem C para desenvolver aplicações para os nós sensores, possibilitando a coleta de dados dos cinco sensores.

Os experimentos foram realizados em um vinhedo cultivado sob cobertura plástica, de propriedade do Sr. José Milani, localizado no Vale dos Vinhedos, município de Bento Gonçalves, RS, cujas coordenadas geográficas são: latitude 29°12'S, longitude 51°32'W e altitude média de 603 m. A idade do vinhedo é de seis anos, com plantas de *Vitis vinifera* L., cultivar Itália, enxertadas sobre o porta-enxerto 'SO4'. As mudas foram plantadas com espaçamento de 1,8 m entre plantas e 3 m entre linhas, perfazendo uma densidade de 1.852 plantas por ha. A área experimental utilizada foi de 0,125 ha (6 linhas de plantas de aproximadamente 67,30 m cada, dispostas na direção norte-sul). A inclinação do terreno é de 15° aproximadamente, com sistema de condução em latada, sendo que a altura do dossel em relação ao solo é de cerca de 2,10 m. Os experimentos foram realizados durante o período de maturação das uvas na safra 2009/2010 (entre os meses de janeiro e fevereiro). Com os experimentos realizados procurou-se avaliar a variabilidade microclimática a diferentes alturas da videira como também dentro do vinhedo. Para determinar a variabilidade na videira, foram posicionados os nós sensores a três diferentes alturas: no cacho (a 1,85 m do solo), no dossel (a 2,10 m do solo) e acima do dossel das videiras (a 2,45 m do solo). Os nós sensores foram posicionados a uma distância de 3 m da estação base, a qual foi posicionada ao lado do computador. Coletaram-se dados de temperatura ambiental, umidade relativa do ar e luminosidade durante um período de 40 horas ininterruptas. Para avaliar a variabilidade microclimática dentro do vinhedo, foram implantados 10 nós sensores dentro do vinhedo na altura do cacho das videiras (a 1,85 m do solo), segundo a topologia mostrada na Figura 1. As distâncias entre cada nó sensor e a estação base são apresentadas na Tabela 1. Coletaram-se dados de temperatura ambiental, umidade relativa do ar e luminosidade durante um período de 135 horas ininterruptas. Para ambos os experimentos, os nós sensores foram configurados para coletar

dados a cada 5 min, e para a análise dos dados, considerou-se a média aritmética para intervalos de 30 min.

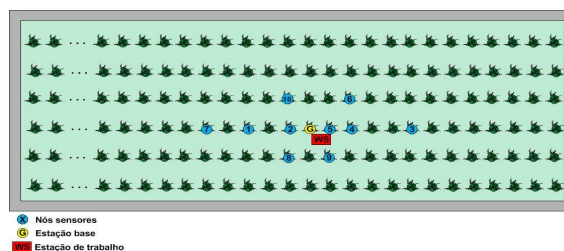


FIGURA 1. Topologia implantada dentro do vinhedo

TABELA 1. Distância desde os nós sensores até a estação base (m)

Nó 1	Nó 2	Nó 3	Nó 4	Nó 5	Nó 6	Nó 7	Nó 8	Nó 9	Nó 10
6,60	2,60	14,90	6,90	3,70	7,89	10,20	3,50	4,61	3,40

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Para os dados coletados (temperatura ambiental, umidade relativa do ar e luminosidade) em diferentes alturas da videira (cacho, dossel e acima do dossel), observou-se a existência de variabilidade para as variáveis de temperatura e umidade relativa, a qual é maior durante o dia do que durante a noite. Realizando-se uma comparação entre as três alturas avaliadas, para os dados de umidade relativa, pode-se dizer que os dados coletados acima do dossel em relação aos coletados na altura do dossel, durante a noite foram ligeiramente maiores (em média 5%); durante o dia, ao contrário, esses valores foram menores (em média 24%). Os valores coletados na altura do cacho em relação aos coletados na altura do dossel possuem maior proximidade entre eles, sendo em média maiores: 10% durante o dia e 2% durante a noite. Os dados de temperatura ambiental apresentaram a mesma tendência que os dados de umidade relativa, sendo a variabilidade maior durante o dia; para o período da noite, esta diferença é mínima. Comparando os dados coletados acima do dossel das videiras em relação aos coletados na altura do dossel, percebeu-se que, durante a noite, a temperatura ambiental apresentou uma diferença mínima (em média 3,6% menor); durante o dia, ao contrário, a temperatura coletada acima do dossel das videiras foi média 21% maior do que na altura do dossel. Para os valores coletados na altura do cacho das videiras em relação ao dossel, observou-se uma maior proximidade entre os dados: durante a noite foi menor na altura do dossel (em média 0,45%) e durante o dia, menor na altura do cacho (em média 6%).

Os valores de luminosidade coletados, para as três alturas avaliadas, não apresentaram variabilidade, sendo o mesmo durante o dia (1847 Lux). O sensor utilizado pela placa sensora MTS400/MTS420 é o Taos TSL2550, que opera na faixa espectral de 400 a 1000 nm e pelos resultados obtidos, considera-se que ele não é o suficientemente sensível para ser utilizado em aplicações agrícolas. Nos trabalhos de pesquisa da Embrapa Uva e Vinho vêm sendo utilizadas células fotovoltaicas para monitorar a radiação fotossinteticamente ativa (PAR), operando na faixa espectral de 400 a 700 nm. Na literatura, verificou-se que existe uma redução nos níveis de radiação embaixo da cobertura plástica, o qual ainda é menor no dossel e no cacho das videiras (CHAVARRIA et al., 2009). Uma vez que os nós utilizados não medem essa radiação, como trabalho futuro poder-se-ia incorporar sensores mais adequados para a sua medição, em placas acopláveis aos nós, que possibilitam a incorporação de novos sensores (MDA300). Na Figura 2 são mostrados os dados de temperatura ambiental e umidade relativa do ar coletados com a RSSF dentro do vinhedo durante um período de 135 horas ininterruptas.

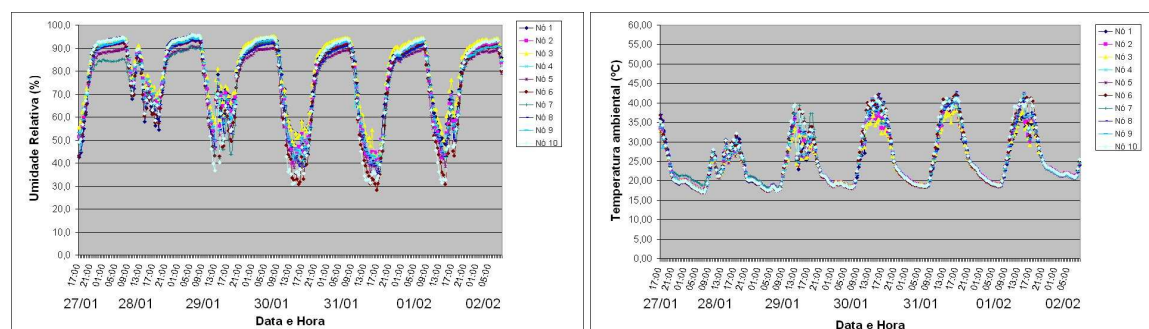


FIGURA 2. Umidade relativa do ar (esquerda) e temperatura ambiental (direita) dentro do vinhedo

Para ambas as variáveis climáticas avaliadas, identificou-se certa variabilidade espaço-temporal, especialmente durante o dia, que foi mapear com o uso da RSSF. As vantagens desta tecnologia em relação ao sistema de monitoramento que ainda é utilizado na Embrapa Uva e Vinho (psicrômetros) é a facilidade de posicionamento dos nós sensores nos pontos de interesse em se efetuar medidas, a área de cobertura de medição e a mobilidade dos dispositivos. Um problema percebido foi a redução do alcance da comunicação dos nós sensores devido a presença dos vegetais (folhas, gavinhas, galhos, etc.). A colocação de mais nós sensores, posicionados mais próximos uns dos outros, é uma alternativa para estender seu alcance da rede, já que os nós sensores podem trabalhar como roteadores, repassando os dados coletados uns para os outros, e com isso permitindo uma grande área de cobertura.

CONCLUSÕES: Foi percebida a existência de variabilidade microclimática tanto a diferentes alturas da videira (cacho dossel e acima do dossel), como espacialmente, dentro do vinhedo. Quanto à placa sensora utilizada (MTS400), a partir dos dados coletados pelo seu sensor de luminosidade, poder-se-ia dizer que ele não é o suficientemente sensível para ser utilizado em aplicações agrícolas, sugerindo-se como trabalho futuro a integração de sensores adequados nos nós. As vantagens percebidas no uso de uma RSSF para monitoramento microclimático, em comparação com a tecnologia convencional, resultou em uma maior simplicidade na implantação dos sensores, assim como uma maior área de cobertura, permitindo um fácil mapeamento da variabilidade microclimática dentro do vinhedo.

AGRADECIMENTOS: Os autores agradecem ao CNPq, projeto nº 484125/2006-0, e à FAPESP, projetos nº 03/08134-4 e nº 04/15801-0, pelos recursos fornecidos para o desenvolvimento do trabalho, como também o apoio do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia – Sistemas Embarcados Críticos (INCT-SEC), projeto 573963/2008-8 (CNPq) e projeto 08/57870-9 (FAPESP), e à Embrapa Uva e Vinho como ao senhor José Milani e família, que proporcionaram o local de experimentação e o apoio necessário para a realização dos testes em campo.

REFERÊNCIAS

- BURRELL, J.; BROOKE, T.; BECKWITH, R. Vineyard computing: sensor networks in agricultural production. In: IEEE Pervasive Computing. EEUU, v. 3, n. 1, p. 38-45, 2004.
- CHAVARRIA, G.; CARDOSO, L.S.; BERGAMASCHI, H.; SANTOS, H.P.; MANDELLI, F.; MARODIN, G.A.B. Microclimate of vineyards under protected cultivation. In: Ciência Rural. Brasil, v. 39, n. 7, p. 2029-2034, 2009.
- CROSSBOW. Crossbow Technology. Disponível em: <<http://www.xbow.com>>. Acesso: Maio 2010.
- IEEE. IEEE 802.15.4. Disponível em: <<http://www.ieee802.org/15/pub/TG4.html>>. Acesso: Maio 2010.
- MANTOVANI, E.C. Agricultura de precisão e sua organização no Brasil. In: BORÉM, A.; GIÚDICE, M.P.; QUEIRÓZ, D.M.; MANTOVANI, E.C.; FERREIRA, L.R.; VALLE F.X.R.; GOMIDE, R.L. Agricultura de precisão. Viçosa: Giúdice & Borém, p. 77-92, 2000.
- MARIÑO, P.; FONTÁN, F.P.; DOMINGUEZ, M.A.; OTERO, S. Application-Oriented Distributed Sensor Network. In: Third International Conference on Systems (icons 2008). EEUU, p. 290-295, 2008.
- MOLIN, J.P. Tendências da agricultura de precisão no Brasil. In: Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão, 2004. Anais do Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2004. Piracicaba, p. 1-10, 2004.
- MORAIS, R.; FERNANDES, M.A.; MATOS, S.G.; SERÔDIO, C.; FERREIRA P.J.S.G.; REIS M.J.C.S. ZigBee multi-powered wireless acquisition device for remote sensing applications in precision viticulture. In: Computers and Electronics in Agriculture, v. 62, p. 94-106, 2008.
- NESC. NesC: A Programming Language for Deeply Networked Systems. UC Berkeley WEBS Project. Disponível em: <<http://nesc.sourceforge.net>>. Acesso: Maio 2010.
- PROTAS, J. F. S. Uvas Viníferas para Processamento em Regiões de Clima Temperado. Embrapa Uva e Vinho. Sistema de Produção, 4. ISSN 1678-8761 Versão Eletrônica. 2003. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Uva/UvasViniferasRegioesClimaTemperado/index.htm>>. Acesso: Maio 2010.
- WANG, N.; ZHANG, N.; WANG M. Wireless sensors in agriculture and food industry--Recent development and future perspective. In: Computers and Electronics in Agriculture, v. 50, n. 1, p. 1-14. 2006.
- YICK, J.; MUKHERJEE, B.; GHOSAL D. Wireless sensor network survey. In: Computer Networks, v. 52, n. 12, p. 2292-2330, 2008.