

Computação móvel aplicada à pecuária de precisão para a determinação do escore da condição corporal

Wagner Arbex^{1,2}, Kátia C. Lage dos Santos^{1,3}, Ênio de Oliveira Nascimento^{1,3},
Gustavo Bervian dos Santos^{1,4}, Caio dos Santos B. de Carvalho^{1,2}, Bruno Campos de Carvalho¹

¹Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), Juiz de Fora, MG, Brasil,
wagner.arbex@embrapa.br, katia.santos@embrapa.br,
enio.nascimento@colaborador.embrapa.br, gberviansantos@hotmail.com,
caio.carvalho@colaborador.embrapa.br, bruno.carvalho@embrapa.br

²Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), Juiz de Fora, MG, Brasil

³Faculdade Metodista Granbery (FMG), Juiz de Fora, MG, Brasil

⁴Universidade Federal Fluminense (UFF), Niterói, RJ, Brasil

RESUMO

O conceito de “produção animal de precisão” ou, no caso, “pecuária de precisão”, pode ser interpretado como o uso de tecnologias, em maior parte, recursos computacionais, para o acompanhamento individualizado de indicadores fisiológicos, comportamentais e/ou de produção, entre outros, visando otimizar a produtividade e o retorno econômico. O escore de condição corporal (ECC) em bovinos é um indicador fisiológico, mensurado em escala – p. ex., entre 1 e 5 para vacas leiteiras – para a determinação da melhor condição física do animal em seu estágio de vida, para que possa alcançar o máximo de seu potencial. Tradicionalmente, o ECC é obtido a partir da inspeção visual e apalpação do animal, contudo, este trabalho apresenta **e-Score**, um protótipo de software para dispositivos móveis, que torna possível avaliar e determinar o ECC por meio da interpretação de fotografias. Com o uso de inteligência computacional, a tecnologia do **e-Score** permite a avaliação automatizada do ECC, fazendo a captura e a “leitura” das imagens no próprio dispositivo móvel, sem necessidade de acesso a Internet ou conexão com a rede de telefonia celular. O **e-Score** é um aplicativo eficiente e simples, que alinha a inteligência computacional ao conceito de pecuária de precisão, cada vez mais necessário na prática diária de criadores, produtores e profissionais rurais, que diminui a subjetividade na obtenção das informações para a tomada de decisão e aumenta a eficácia, segurança, padronização e eficiência do manejo de animais.

PALAVRAS-CHAVE: e-Score, Zootecnia de precisão, Dispositivo móvel, Visão computacional, ECC.

ABSTRACT

The idea of “animal production accuracy” or, in this case, “precision livestock farming” can be understood as the use of technologies, mostly, computational resources, for the individualized monitoring of physiological, behavioral and/or production indicators, among others, to optimize the productivity and the economic payback. The cattle body condition score (BCS) is a physiological indicator measured on a numerical scale – for instance, between 1 and 5 to dairy cows – for determining the best physical condition of the animal for its life stage, for the animal to reach the maximum of their potential. Usually, the BCS is obtained from the animal, and visual inspection touch probe of the animal, however, this work presents **e-Score**, a software prototype for mobile devices, which makes it possible to evaluate and determine the BCS by the the analysis of pictures. The technology of the **e-Score** makes use of computational intelligence to allow automated evaluation of the BCS by capturing and “reading” of images in the very mobile device, without the need to access the Internet or connect to the cellular network. The **e-Score** is an efficient and easy application which lines up the computational intelligence to the concept of precision livestock farming, increasingly necessary in daily practice cattle breeder, livestock farmer and professionals of rural activities, which reduces the subjectivity into the process of information obtainment for making decision and increases the effectiveness, safety, standardization and animal management efficiency.

KEYWORDS: e-Score, Precision livestock farming, Mobile device, Computer vision, BCS.

INTRODUÇÃO

O aumento da população mundial e o crescente uso da terra para atividades não agrícolas trazem muitos desafios para as cadeias produtivas de alimentos. Aliado a esse contexto, nota-se uma redução constante da mão de obra no campo, o que vêm contribuindo para o aumento no investimento em tecnologia na agropecuária (RUTTEN et al., 2013). Para exemplificar, em 2015, a 22a. edição da Feira Internacional de Tecnologia Agrícola em Ação, a Agrishow, movimentou cerca de dois bilhões de reais em vendas em Ribeirão Preto (SP). Além disso, os produtores buscam constantemente a automatização de processos e de medições que possam ser utilizadas na tomada de decisão, como é o caso, respectivamente, do uso de ordenhadeiras comandadas por robô e o uso de pedômetros.

Esse cenário caracteriza a necessidade de se desenvolver e utilizar novas tecnologias e procedimentos para alcançar ou manter um nível adequado de gerenciamento das propriedades rurais, sejam elas de pequeno, médio ou grande porte, o que sugere, então, a aplicação do conceito de pecuária de precisão que se inicia com o acompanhamento individualizado de indicadores fisiológicos, comportamentais e/ou de produção, entre outros.

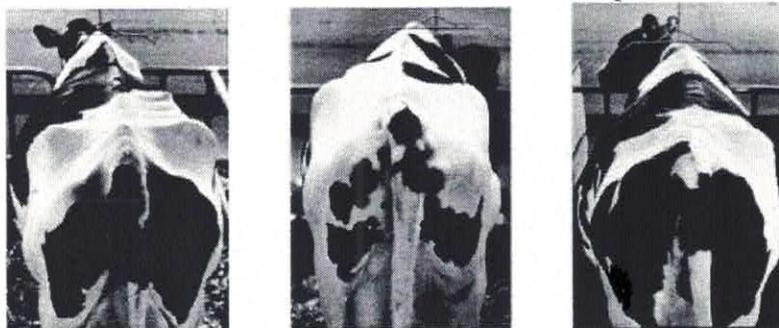
Entre os indicadores fisiológicos encontrados na literatura relacionada está o **escore da condição corporal** (ECC), que tem como objetivo relacionar condição corporal do animal no

momento corrente com o seu “período ou fase de vida” (p. ex., animal em produção, período de gestação etc.), visando potencializar ao máximo seu rendimento no momento em que se encontra.

O valor do ECC deve ser utilizado conjuntamente com outros indicadores para inferir sobre a condição física do animal, determinando se este está abaixo ou acima do ideal, para um período de vida específico, e pode-se, então, definir uma estratégia de manejo apropriada, de forma a aumentar a produtividade e qualidade do produto advindo da criação. Essa avaliação é estrategicamente utilizada, p. ex., no manejo nutricional, refletindo o balanço energético dos animais.

Comumente, o ECC é tomado a partir de técnicas de reconhecimento e apalpação de determinados pontos anatômicos e de análise visual, quando o especialista determina um valor ou nota para o animal, em uma escala específica, atrelada a finalidade da criação do animal (AZZARO et al., 2011). Para bovinos de leite adota-se uma escala de 1 a 5 (ECC = 1, animal magro; ECC = 5, animal gordo), já para bovinos de corte o ECC assume valores entre 1 e 9. A Figura 1 apresenta fotografias de vacas holandesas com diferentes valores de ECC.

Figura 1: Vacas holandesas com valores de ECC estimados em, respectivamente, 1,5; 3,0 e 4,5.



Apesar dos benefícios no uso desse indicador, o ECC é uma medida subjetiva e na prática não é utilizada de forma frequente devido à necessidade de um especialista para a atribuição da medida (AZZARO et al., 2011), então, frente a essa oportunidade, começam a surgir tentativas de se padronizar a sua estimativa, tais como, como o Vestcore (SILVA, 2014) e o sistema integrado da DeLaval Corporate (DELAVAL CORPORATE, 2014). O Vestcore foi desenvolvido pela Embrapa Rondônia, sendo inspirado no formato do transferidor para ajuste na garupa do animal. O sistema integrado da DeLaval Corporate utiliza para a determinação do ECC um sensor de presença do animal que, aliado à sensores luminosidade, captura imagens tridimensionais para realizar a estimativa do valor. Este sistema exige infraestrutura de outros sistemas de automação do mesmo fornecedor.

Com o objetivo de automatizar esse processo e fornecer uma solução eficiente e eficaz, nesse trabalho é apresentado o aplicativo para dispositivos móveis denominado **e-Score**. O **e-Score** é voltado para a definição do ECC por meio da captura e codificação de imagens bidimensionais e está sendo desenvolvido e validado para bovinos de leite.

A proposta original do **e-Score** foi apresentada, pela primeira vez, no *I2P Idea To ProductTM Competition Latin America 2014*¹, quando foi vencedora na *Categoria TI “CNPq Challenge”* e do prêmio especial “2014 I2P Latin America Best ShowCase”.

MATERIAL E MÉTODOS

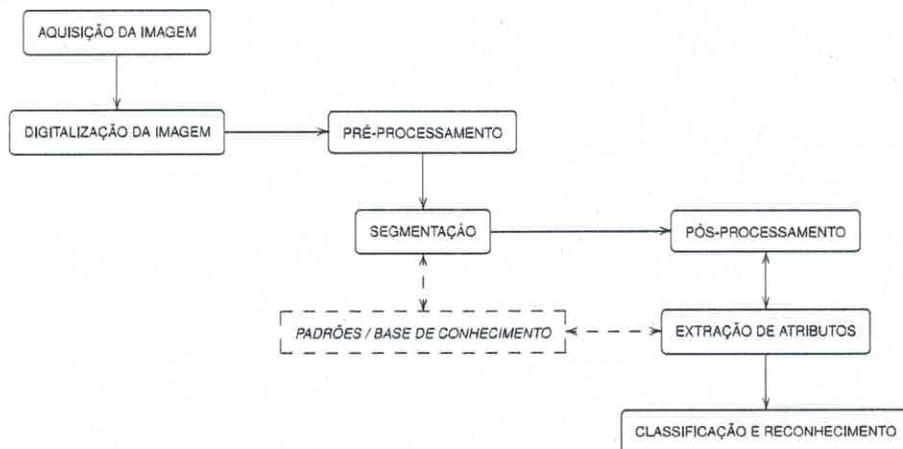
Modelo de recuperação de informação baseada em conteúdo

A visão computacional é uma área da ciência da computação que procura emular a visão humana e que possui mecanismos computacionais para, a partir de uma imagem de entrada, gerar como saída uma interpretação da imagem como um todo ou de uma parte específica dela, como, p. ex., pode ser visto em Diniz et al. (2013).

Os processos de visão computacional, geralmente, se iniciam com o tratamento da imagem por meio de filtros e transformações, conhecido como **processamento digital de imagens** (PDI) (GONZALEZ; WOODS; EDDINS, 2009). Neste caso, a imagem adquirida ou capturada por um processo de digitalização é considerada a “entrada de dados” para o PDI.

As fases do PDI são conhecidas e normalmente representadas por fluxos, como pode ser visto na Figura 2, com diferentes níveis de detalhes, dependendo do caso a ser retratado. Em específico, para esse trabalho, o primeiro passo efetivo de processamento é comumente conhecido como pré-processamento, o qual envolve passos como a filtragem de ruídos introduzidos pelos sensores e a correção de distorções geométricas causadas pelo sensor.

Figura 2: Fases do PDI



Em seguida, é necessário representar a imagem em duas ou mais dimensões de forma apropriada para tratamento computacional. Para isso, características ou atributos das imagens precisam ser extraídos, tais como as bordas, texturas e vizinhanças (GONZALEZ; WOODS; EDDINS, 2009).

¹<http://ideatoproductla.org/>

A última fase do processamento digital de imagens consiste na classificação ou reconhecimento caracterizada pela avaliação da representação computacional de uma imagem em relação às outras imagens tomadas como padrões na base de conhecimento, a partir da análise de suas características de conteúdo extraídas previamente. Nessa etapa, a imagem é transformada em um conjunto de valores numéricos, que podem ou não compor uma outra imagem.

Entre as técnicas de processamento de imagem está a extração de conteúdo a partir de determinadas características, tais como, cor, forma ou textura. O mecanismo de extração consiste na transformação da imagem em um vetor de características – p. ex., cor, forma ou textura, ou, ainda, a combinação dessas. O vetor de características pode ser entendido como uma curva matemática.

A partir do conteúdo extraído é possível utilizar-se de algoritmos para calcular a “distância” entre duas curvas. Isto é, a chamada “distância entre curvas” corresponderia ao grau de similaridade entre as imagens. A combinação da extração das características e o cálculo da similaridade consiste em um sistema de recuperação de imagens com base no conteúdo ou *content based image retrieval* (CBIR).

A Figura 3 apresenta um esquema de funcionamento de um sistema CBIR. Essa técnica, que utiliza características visuais para procurar imagens em um grande banco de dados de imagens de acordo com os interesses do usuário, vem se tornando uma área de pesquisa bastante ativa. Quando uma imagem de consulta é passada, o sistema CBIR consulta um banco de dados buscando imagens que sejam semelhantes à passada de consulta, de acordo com um critério dado.

Figura 3: Funcionamento de sistemas CBIR



Neste trabalho, a aplicação da CBIR encontra-se representado nas fases do PDI e pode ser visto na Figura 2, envolvendo as fases que buscam por padrões na base de conhecimento. O **e-Score** implementa o mecanismo de CBIR a partir da comparação da nova imagem capturada com algumas representações de imagens de referência para uma determinada raça e, após cap-

turar as fotos do animal, o aplicativo trata as imagens e define o ECC de acordo com a escala daquela espécie.

Recursos computacionais para implementação do modelo

Os recursos utilizados na construção do **e-Score** são *free source* e *open source* a plataforma de desenvolvimento PhoneGap² e a máquina de busca Lire³, onde está sendo feita a implementação da CBIR.

O PhoneGap foi “adotado” pela Apache Software Foundation (ASF) e utiliza da tecnologia Apache Cordova⁴ para acessar a funções dos aparelhos móveis como acelerômetro, câmera e geolocalização, e permite por meio de alguns que os desenvolvedores criem aplicações utilizando HTML5, CSS3 e JavaScript sem a necessidade de depender de APIs específicas.

A plataforma PhoneGap está disponibilizada gratuitamente, sob os termos da Apache License e seus recursos permitem o desenvolvimento e a implementação de aplicativos para diferentes sistemas operacionais móveis, inclusive, os sistemas iOS e Android.

Para a construção do módulo de CBIR foi utilizada a biblioteca Java Lire (Lucene Image Retrieval), desenvolvida e mantida pela Faculdade de Ciências Técnicas de Klagenfurt, localizada na Alemanha, sob os termos da licença GNU GPL.

A Lire é uma biblioteca Java que fornece uma maneira de se recuperar imagens e fotos com base em suas características de cor e textura, tendo sido construída sobre a máquina de busca Lucene da Apache Foundation. Provê a implementação de diferentes métodos extratores de características de imagem, dentre os quais o MPEG-7 ScalableColor, CEDD e o histograma de borda.

Os trabalhos para o desenvolvimento do **e-Score** estão sendo realizados com o extrator CEDD que captura informações relacionadas com as cores e a forma. Assim, com o uso do CEDD e outros recursos disponibilizados pela Lire, é possível criar um “índice Lucene” de recursos de imagem para CBIR.

Com mais detalhes e sobre a metodologia para implementação do **e-Score**, pode ser visto que, como seu próprio nome sugere, a partir do CEDD (Color and Edge Directivity Descriptor), um descritor de cor e borda – ou extremidade, forma etc., é possível extrair o contorno de toda a imagem ou apenas da parte de interesse. Assim, os “direcionamentos” de cores e bordas determinam a característica “contorno” que será utilizada para o cálculo de similaridade.

Os pré-requisitos para o uso do **e-Score** serão a instalação do aplicativo em um dispositivo móvel com câmera fotográfica e que este dispositivo tenha como ambiente operacional os sistemas Android ou IOS.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O **e-Score** está na fase final de desenvolvimento do seu protótipo e, efetivamente, desde sua concepção e o estabelecimento da prova de conceito até o momento atual, o aplicativo sempre

²<http://phonegap.com/>

³<http://www.lire-project.net/>

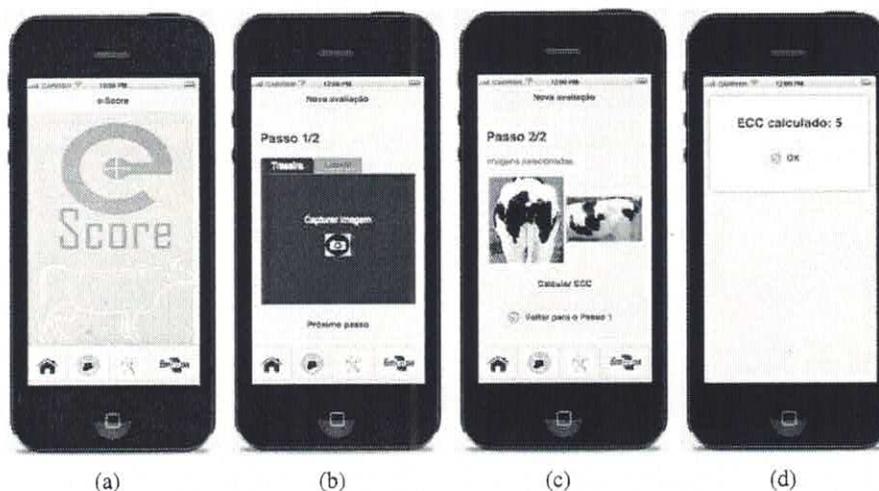
⁴<http://cordova.apache.org/>

logrou êxito em sua proposta de determinar o ECC de animais a partir de um conjunto de imagens padrões. Apesar de, em seus testes iniciais estarem sendo utilizadas somente imagens de vacas holandesas, outras raças já estão sendo consideradas e seus padrões são continuamente incorporados ao aplicativo.

As Figuras 4(a) a 4(d) ilustram uma parte do funcionamento do **e-Score**, apresentando uma sequência de telas do aplicativo para avaliação do ECC de um animal, quando:

- na Figura 4(a), que mostra a tela inicial do aplicativo, o usuário seleciona uma nova avaliação de ECC;
- após a captura das vistas traseira e lateral do animal o usuário solicita o cálculo do ECC, como mostrado nas Figuras 4(b) e 4(c);
- o ECC determinado pelo aplicativo é exibido na Figura 4(d).

Figura 4: Telas do e-Score no procedimento de avaliação do ECC de um animal



Além dos benefícios de automatização e mobilidade associados ao **e-Score**, o seu uso deve aumentar a eficácia, segurança e eficiência do processo. Assim, ao profissional rural, proporcionar-se-á a oportunidade de se obter melhores manejos nutricional, reprodutivo e sanitário do rebanho. Como consequência direta, a adoção e a melhoria de boas práticas de manejo influenciam diretamente na rentabilidade do rebanho, pois interfere nos níveis de produtividade, tais como, quantidade de leite e de carne e, ainda, na eficiência reprodutiva.

Como exemplo de boas práticas de manejo com o uso do ECC, pode-se ver a situação de vacas leiteiras em início de lactação. Como mostra Carvalho et al. (2010), durante o período inicial da lactação, as vacas estão metabolicamente dispostas à redução de reservas corporais, enquanto que no final da lactação e no período de gestação estão propensas ao acúmulo dessas reservas. Entretanto, a amplitude dessa variação de ECC deve ser controlada, para evitar que existam picos excessivos que causem impacto adverso na produção, fertilidade e vitalidade dos animais.

Para o aprimoramento do aplicativo e de seus resultados, além da medição do ECC realizada instantaneamente, o usuário ainda deve ter a possibilidade de sincronizar a base de imagens do aplicativo com uma ferramenta *desktop* e, posteriormente, por meio da criação de uma crescente base de imagens bidimensionais dos animais, será possível aumentar a precisão da CBIR e, conseqüentemente, do **e-Score**, no cálculo da similaridade.

Além disso, em um segundo momento, à base de dados com o ECC dos animais, poderá ser aplicado um sistema de inteligência de negócio (*business intelligence*), até mesmo em tempo real, para extrair informações que irão auxiliar na tomada de decisões estratégicas para a fazenda.

CONCLUSÕES

Apesar dos levantamentos não estarem completamente concluídos, os estudos para o desenvolvimento e execução deste trabalho sugerem seu pioneirismo na definição e aplicação de seu modelo. Contudo, já nesta fase de levantamentos e estudos, é possível afirmar que o procedimento para determinação automatizado do ECC, como foi implementado no **e-Score**, tem caráter precursor.

Além da mobilidade advinda com a automação da técnica em um dispositivo móvel e do aspecto econômico associado à melhoria no manejo do rebanho com a adoção de indicadores como o ECC, existe, ainda, o impacto social caracterizado pelo aumento da produtividade alimentos para a sociedade e de insumos para indústria de alimentos que são de fundamental relevância para a saúde individual e coletiva e para o bem estar social.

Em trabalhos futuros serão avaliados os outros descritores de características e medidas de cálculo de similaridade das imagens, visando o aprimoramento da precisão no cálculo do ECC. Além disso, será avaliada a combinação de métodos distintos para a interpretação das imagens, uma vez que está sendo incorporado ao **e-Score** recursos e "inteligência" necessárias para tratar imagens de animais de outras raças de bovinos de leite, além de vacas holandesas. Posteriormente, também poderão ser incorporados indicadores que complementem o arcabouço de informações para a tomada de decisão cada vez mais assertiva no manejo do rebanho e a integração de tais informações com sistemas de gerenciamento de rebanhos, de acompanhamento de produção e/ou reprodutiva, de controle de exigências nutricionais etc..

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos revisores pelas importantes contribuições e ao apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), do Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento (CNPq), da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF).

REFERÊNCIAS

AZZARO, G. et al. Objective estimation of body condition score by modeling cow body shape from digital images. *Journal of Dairy Science*,

v. 94, n. 4, p. 2126 – 2137, 2011. ISSN 0022-0302. Disponível em:
<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030211001846>>.

CARVALHO, B. C. de et al. Manejo reprodutivo de vacas mestiças F1 Holandês x Zebu. *Informe Agropecuário*, v. 31, n. 258, p. 90–100, 2010.

DELAVAL CORPORATE. *DeLaval body condition scoring BCS*. 2014. Disponível em:
<<http://www.delaval.com/en/About-DeLaval/Innovation-at-DeLaval/DeLaval-body-condition-scoring-BCS/>>.

DINIZ, F. A. et al. RedFace: um sistema de reconhecimento facial baseado em técnicas de análise de componentes principais e autofaces. *Revista Brasileira de Computação Aplicada*, v. 5, n. 1, p. 42–54, abr. 2013. ISSN 2176-6649.

GONZALEZ, R. C.; WOODS, R. E.; EDDINS, S. L. *Digital Image Processing Using MATLAB*. 2. ed. Upper Saddle River, NJ, USA: Prentice-Hall, Inc., 2009. ISBN 978-0982085400 (ISBN-13) / 0982085400 (ISBN-10).

RUTTEN, C. et al. Invited review: Sensors to support health management on dairy farms. *Journal of Dairy Science*, v. 96, n. 4, p. 1928 – 1952, 2013. ISSN 0022-0302. Disponível em:
<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030213001409>>.

SILVA, R. *Avaliação de condição corporal do rebanho ganha tecnologia simples e barata*. Nov. 2014. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2235961/avaliacao-de-condicao-corporal-do-rebanho-ganha-tecnologia-simples-e-barata/>>.

X SBI AGRO

21 a 23 de outubro de 2015

X Congresso Brasileiro de Agroinformática

Uso de VANTs e Sensores para
avanços no Agronegócio

Anais

Ponta Grossa
Outubro de 2015

ISBN 978-85-69929-00-0

Congresso Brasileiro de Agroinformática (10.: 2015: Ponta Grossa, Pr)

C749 Anais eletrônicos do X Congresso Brasileiro de Agroinformática, 21 a 23 de outubro de 2015, Ponta Grossa, PR; Universidade Estadual de Ponta Grossa/ Alaine Margarete Guimarães et al. (Org.). Ponta Grossa: SBIAgro, 2015.

ISBN: 978-85-69929-00-0

1. Agroinformática. 2. Computação aplicada à agricultura. 3. Agricultura de precisão. I. Guimarães, Alaine Margarete (Org.). II. Araujo, Augusto Guilherme de (Org.). III. Caires, Eduardo Fávero (Org.). IV. Rocha, José Carlos Ferreira da (Org.). V. Silva, Karine Sato da (Org.). V I. Giovanetti, Marcelo Canteri (Org.). VII. SBIAgro. VIII. T.

CDD: 004.22