

# XXXII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo

## Software DRIS para cupuaçueiros<sup>1</sup>

CLEIGIANE DE OLIVEIRA LEMOS<sup>(2)</sup>, JAIRO RAFAEL MACHADO DIAS<sup>(3)</sup>, DANIEL VIDAL PEREZ<sup>4</sup> & PAULO GUILHERME SALVADOR WADT<sup>(4)</sup>

**RESUMO** - A domesticação de espécies nativas exige um rápido acúmulo de conhecimento sobre o estado nutricional das plantas em fase de domesticação, de modo que métodos convencionais nem sempre são os mais adequados. Com este intuito desenvolveu-se um software para o monitoramento nutricional do cupuaçueiro, que permita ao mesmo tempo proporcionar uma ferramenta para a compreensão das exigências nutricionais desta espécie e a recomendação de adubação, como se faz no diagnóstico de pomares comerciais visando a otimização da adubação. O software desenvolvido permite o cálculo dos índices do sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS) por cinco diferentes fórmulas de cálculo de relações bivariadas e também com uso de relações multivariadas, além de possibilitar a seleção das razões dos nutrientes a serem avaliados e a escolha do método de interpretação dos índices DRIS.

**Palavras-Chave:** (DRIS; Cupuaçu; *Theobroma grandiflorum*; Amazônia; Análise Foliar)

### Introdução

O cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) é uma espécie nativa da Amazônia e ainda está em processo de domesticação, motivo pelo qual seu cultivo ainda é restrito aos estados da região norte do Brasil e alguns países presentes na Amazônia. Pode ser encontrado em estado silvestre, no interior das florestas, em pomares caseiros e em plantios comerciais. Desenvolve-se bem em solos pobres, podendo ser cultivado em plantios homogêneos ou em consórcio com outras espécies, em sistemas agroflorestais (SAF's).

Apesar disto, mesmo considerando os SAF's como sistemas estáveis, há a exportação de nutrientes pela colheita e a falta de reposição destes elementos pode contribuir para a perda da produtividade do sistema. Com base em análises da fertilidade do solo de rotina, detectaram-se que o P e K são os principais nutrientes limitantes na produção em plantios agroflorestais comerciais de cupuaçueiro na Amazônia sul-ocidental.. Esta constatação levou à recomendação da adição ao solo de matéria orgânica rica em K, como a casca do fruto de cupuaçu, ou rica em N e P, como a folha da pupunha. Contudo, estes estudos não são suficientes para produzir um diagnóstico preciso do estado nutricional do cupuaçu nestes SAF's, havendo necessidade de um sistema de diagnose do estado

nutricional e de recomendação de nutrientes que possa ser aplicado nestas situações.

A adoção do método denominado "Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação de Adubação", adaptando-o para a cultura do cupuaçu, apresenta o potencial de a partir do próprio monitoramento nutricional dos pomares, produzir padrões nutricionais de referência (normas DRIS) que possam ser utilizados na avaliação do estado nutricional do cupuaçueiro, permitindo assim uma melhor avaliação da necessidade de adubação de pomares comerciais, sejam aqueles em fase de produção ou não, como aqueles em sistemas de policultivos ou de monocultivos.

Neste sentido, este trabalho teve como objetivo desenvolver a partir do DRIS para a avaliação do estado nutricional do cupuaçueiro, um software que possa processar dados do monitoramento nutricional e realizar diagnósticos baseados em diferentes variações metodológicas do sistema DRIS.

### Material e Métodos

No processo de planejamento do sistema informatizado foram tomadas diretrizes relacionadas ao acesso as informações, forma de compartilhamento e quanto ao desenho da interface.

A diretriz mestra definida foi quanto ao acesso as informações e forma de compartilhamento. Decidiu-se por um sistema de banco de dados que desse suporte ao desenvolvimento de uma interface web e que atendesse ainda ao requisito de ser "open source". O usuário do sistema (gerente da conta) foi identificado como sendo da área de formação de ciências agrárias. Cada usuário deverá ter acesso a uma área restrita, onde as informações armazenadas não serão acessadas pelos demais usuários, podendo ter acesso as suas informações a partir de qualquer computador interligado à rede mundial (internet), com estabilidade, utilizando os navegadores mais comuns (Mozilla Firefox e Internet Explorer).

No tocante ao desenho da interface, optou-se por um sistema hierárquico para a gestão das informações, onde no primeiro nível devem existir os controles necessários para a gestão dos dados cadastrais dos estabelecimentos rurais, de seus proprietários e das respectivas glebas.

No segundo nível hierárquico são requeridas as informações relativas a safra agrícola e ao monitoramento do estado nutricional de pomares de cupuaçueiros. Estas informações devem ser armazenadas em glebas

<sup>1</sup> Pesquisa financiada com recursos do CNPq (Edital Universal).

<sup>2</sup> Sistemas de informação. Bolsista SET-8A / CNPq. E-mail: cleigiane@cpafac.embrapa.br

<sup>3</sup> Engenheiro Agrônomo, mestrando em Produção Vegetal, Universidade Federal do Acre. E-mail: jairorafaelmdias@hotmail.com

<sup>4</sup> Engenheiro Agrônomo, D.Sci. Pesquisadores, Embrapa Solos e Embrapa Acre. E-mail: daniel@cnpes.embrapa.br e paulo@cpafac.embrapa.br

previamente cadastradas e vinculadas à um dado estabelecimento rural.

No terceiro nível hierárquico, o usuário poderá gerar as normas DRIS e estabelecer a configuração do sistema para a definição dos métodos DRIS que serão utilizados na fase de processamento dos dados e geração dos índices DRIS.

No quarto nível hierárquico, é possível realizar o diagnóstico nutricional de cada pomar, individualmente, ou em lote.

As informações do primeiro e do segundo nível hierárquico podem ser compartilhadas com outros módulos do software DRIS, para outras culturas. Já as informações do terceiro e quarto nível hierárquico são específicas para a cultura.

Estas informações precisam ser armazenadas e, para isso, foi criado uma estrutura, em banco de dados MySQL. Ficando este hospedado em um servidor de banco de dados externo. Estas características permitem que seja acessado a partir de qualquer computador conectado à internet.

A interface web do sistema foi desenvolvida com base na linguagem PHP e JavaScript, utilizando a ferramenta RAD Delphi for PHP 2.0. Sendo hospedado em um servidor web externo.

## Resultados e discussão

O software DRIS para cupuaçueiro possibilita a avaliação do estado nutricional dos pomares por cinco diferentes métodos de cálculo baseados em funções DRIS bivariadas. Em cada um destes métodos as relações podem ser log-transformadas [1] ou não transformadas.

As fórmulas de cálculo para as funções DRIS bivariadas são (Figura 1):

Fórmula de Beaufils [2]: fórmula original proposta para o sistema DRIS, na qual para todos os nutrientes em situação de deficiência há a superestimação do desequilíbrio [3]. Embora seja uma das fórmulas mais largamente utilizadas, é mais adequada para a avaliação de poucos nutrientes, dos quais as culturas são normalmente mais responsivas.

Fórmula de Jones [4]: fórmula em que o equilíbrio nutricional é determinado com base exclusivamente na medida padronizada do desvio de uma relação bivariada em função do valor ótimo. Consiste em uma da fórmula bastante utilizadas na literatura e é adequada para o diagnóstico nutricional em situações em que serão aplicados teste de estatística multivariada, por ser o único método em que o valor do índice DRIS é exatamente o valor médio padronizado de todas as relações bivariadas computadas. Pode mascarar a deficiência de alguns nutrientes que sejam responsivos.

Fórmula de Elwali & Gascho [5]: fórmula em que os desequilíbrios nutricionais medidos por cada relação bivariada somente são computados quando o desvio absoluto em relação ao valor ótimo for maior que o desvio padrão amostral. É uma fórmula pouco utilizada, indicada apenas para situações onde está havendo excessivo número de diagnósticos falso

negativo ou falso positivo (indicação de deficiência nutricional quando a planta não responde à aplicação do nutriente que estiver com a suposta deficiência). Na interpretação dos valores dos índices DRIS por esta fórmula, valores negativos ou positivos devem ser interpretados como provável desequilíbrio nutricional, não se recomendando o uso dos métodos de interpretação dos índices DRIS.

Ratfton & Burger [6]: fórmula semelhante a de Elwali & Gascho para macronutrientes; para micronutrientes, o desvio de uma relação somente é computado quando seu valor ultrapassar os valores máximos e mínimos da respectiva relação na população de referência. Sua tendência é eliminar diagnósticos falso positivo e falso negativo principalmente para micronutrientes; por outro lado, tem o inconveniente de gerar diagnósticos falsos para equilíbrio nutricional.

Wadt e outros [7]: fórmula de cálculo proposta originalmente por Maia (1999) [5], e depois modelada em função da responsividade da planta para os nutrientes (considerando tanto deficiência como toxicidade). É uma fórmula pouco utilizada por necessitar de ajustes nos coeficientes de cada nutriente, permitindo porém otimizar para uma dada população o diagnóstico que resulte no maior número de acertos, minimizando ainda os diagnósticos falso negativo, falso positivo e falso equilibrado.

Ainda há a possibilidade de se realizar o diagnóstico a partir do uso de relação multivariada, pelo método CND [8] (Figura 1). Por este processo, todas as relações são log-transformadas.

Por ser o cupuaçueiro ainda uma planta em fase de domesticação, esta variabilidade de opções de métodos para a avaliação do estado nutricional permitirá rapidamente testar diversos procedimentos de cálculo dos índices DRIS, de forma que possa ser obtido de forma mais rápida diagnósticos nutricionais que reflitam de forma adequada a demanda da cultura para determinados nutrientes.

Além da escolha da fórmula de cálculo dos índices DRIS, podem ser utilizados critérios diferentes para a seleção das relações bivariadas que entrarão no cálculo de cada índice DRIS. Pode-se optar pela inclusão de todas as relações (inversas ou diretas), das relações principais (aquela de maior valor para o teste F de variância, para a relação na população de baixa produtividade em relação aquela adotada como referência), ou apenas das relações que tenham apresentado significância para o teste F ao nível de probabilidade de varia de 0,5 a 20% (Figura 1).

O software ainda permite incluir ou excluir do cálculo determinado nutriente. Apenas para as relações multivariadas (CND) o número de nutrientes analisados é fixo e exige que sejam informados os valores para N, P, K, Ca e Mg (Figura 1).

O sistema permite, ainda, que sejam utilizados dois critérios distintos para a interpretação dos índices DRIS: o critério do Potencial de Resposta a Adubação [9] e o Critério do Índice DRIS de matéria seca [10] (Figura 1).

Os dados do monitoramento nutricional de cada pomar são arquivados em banco de dados on line, e estas informações armazenadas podem ser processadas, em lote,

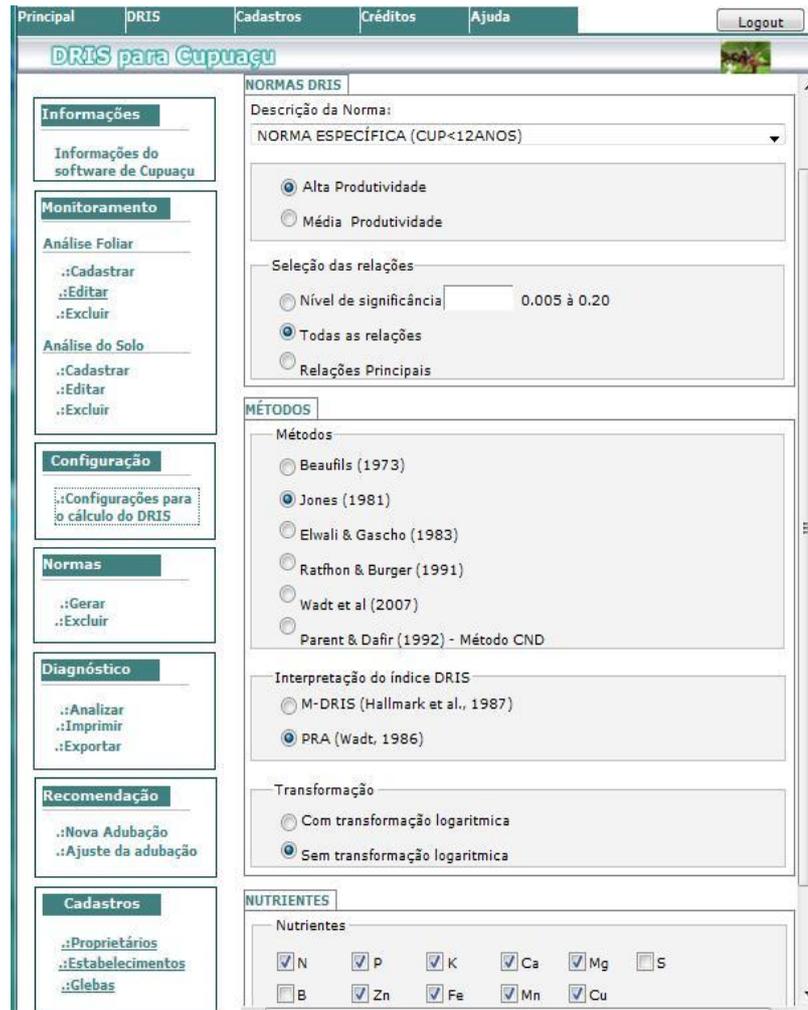
ou para cada propriedade ou gleba, permitindo-se a obtenção de normas DRIS segundo qualquer um dos critérios citados anteriormente. Para cada processamento, o sistema armazena os dados, tornando-os disponíveis para consultas futuras.

### **Agradecimentos**

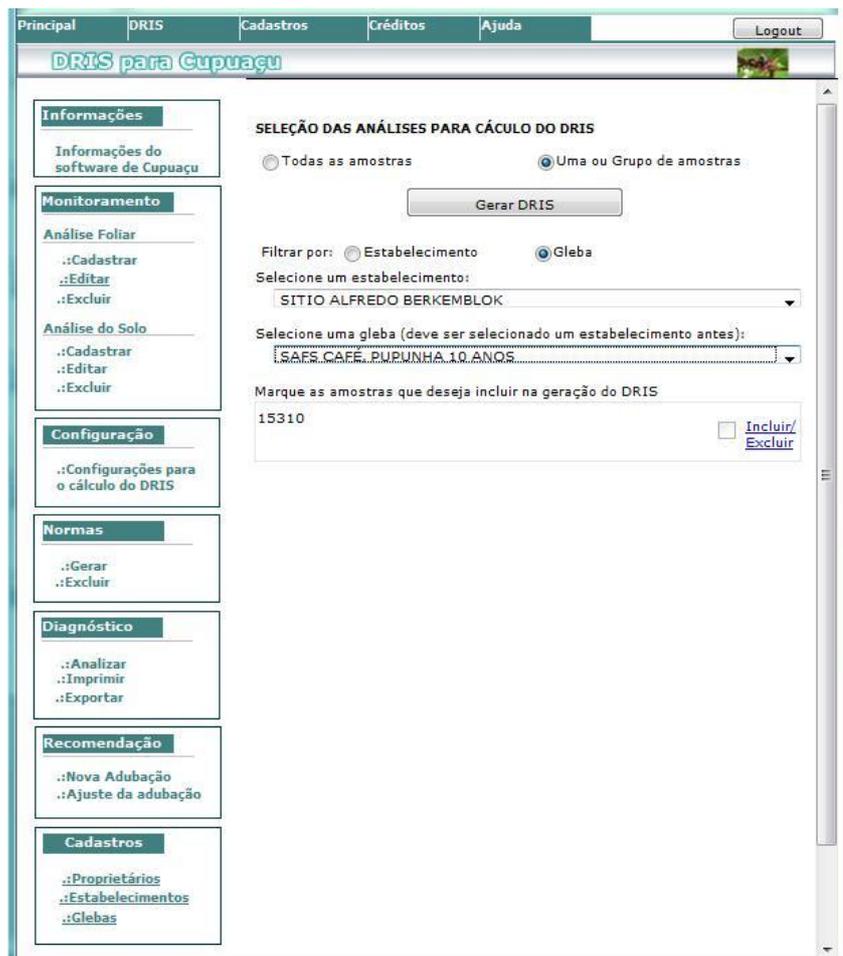
Ao CNPq, pelo apoio financeiro e o fornecimento de bolsas setoriais, de iniciação científica e DTI, por meio dos editais Universal e CT-Agro, fundamental para a realização deste projeto.

### **Referências**

- [1] BEVERLY, R.B.; HALLMARK, W.B. Prescient diagnostic analysis: A proposed new approach to evaluating plant nutrient diagnostic methods. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 23(17-20), 2633-2640, 1992.
- [2] BEAUFILS, E.R. Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). A general scheme of experimentation based on principles developed from research in plant nutrition. *Soil Science Bulletin*, 1, University of Natal, Pietermaritzburg, South Africa. 1973. 132p.
- [3] MAIA, C. Análise crítica da fórmula original de Beaufils no cálculo dos índices DRIS: a constante de sensibilidade. In: WADT, P.G.S.; MALAVOLTA, E. (Org.). Monitoramento nutricional para a recomendação de adubação de culturas. Piracicaba: Potafos, 1999. 1 CD-ROM.
- [4] JONES, C.A. Proposed modifications of the Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS) for interpreting plant analyses. *Commun. Soil Sci. Pl. Anal.*, v.12, p.785-794, 1981.
- [5] ELWALI, A. M. O.; GASCHO, G. J.. Soil testing, foliar analysis, and DRIS as a guide for sugarcane fertilization. *Agronomy Journal*, v. 76, p.466-70, 1984.
- [6] RATHFON, R.A., BURGER, J.A. Diagnosis and Recommendation Integrated System Modifications for Fraser Fir Christmas Trees. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, v.55, p.1026-1031, 1991.
- [7] WADT, P. G. S. ; SILVA, D. J. ; MAIA, C. E. ; TOMÉ JÚNIOR, J. B. ; PINTO, P. A. da C. ; MACHADO, P. L. O. de A. . Modelagem de funções no cálculo dos índices DRIS. *Pesquisa Agropecuária Brasileira (Online)*, v. 42, p. 57-64, 2007.
- [8] PARENT, L.E., DAFIR, M. A theoretical concept of compositional nutrient diagnosis. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, v.117, p.239-242, 1992.
- [9] WADT, P.G.S. Os métodos da Chance Matemática e do Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) na avaliação nutricional de plantios de eucalipto. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1996. 99p. (Tese de doutorado).
- [10] HALLMARK, W.B., WALWORTH, J.L., SUMNER, M.E. et al. Separating limiting from non-limiting nutrients. *J. Plant Nutr.*, v.10, p.1381-1390, 1987.



**Figura 1.** Opção de configuração do método de cálculo dos índices DRIS, o qual permite a escolha de diferentes critérios de cálculo das fórmulas, de seleção das relações (para métodos baseados em relações bivariadas) e de interpretação do próprio índice DRIS.



**Figura 2.** Opções disponíveis no momento da realização dos cálculos dos índices DRIS, as quais permitem a seleção dos estabelecimentos rurais e das glebas nas quais serão realizadas os cálculos.