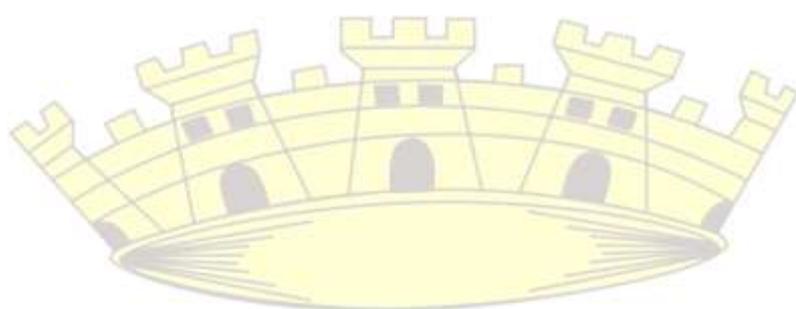


DENIS BORGES TOMIO



**ANTECIPAÇÃO DA DIAGNOSE FOLIAR EM ARROZ DE SEQUEIRO**

RIO BRANCO - AC  
2013

DENIS BORGES TOMIO

**ANTECIPAÇÃO DA DIAGNOSE FOLIAR EM ARROZ DE SEQUEIRO**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-graduação em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal, da Universidade Federal do Acre, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Orientador. Prof. Dr. Paulo G. S. Wadt  
Co-Orientador: Prof. Dr. Jairo Rafael Dias

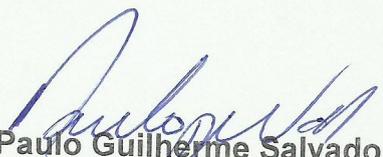
RIO BRANCO - AC  
2013

DENIS BORGES TOMIO

## ANTECIPAÇÃO DA DIAGNOSE FOLIAR EM ARROZ DE SEQUEIRO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal, da Universidade Federal do Acre, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia.

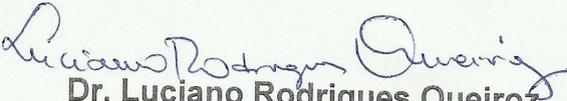
APROVADA em 30 de agosto de 2013



Prof. Dr. Paulo Guilherme Salvador Wadt  
Embrapa Acre  
Orientador



Prof. Dr. Romeu de Carvalho Andrade Neto  
Embrapa Acre  
Membro



Dr. Luciano Rodrigues Queiroz  
Embrapa Acre  
Membro

RIO BRANCO - AC  
2013

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Acre e Embrapa Acre pela oportunidade de desenvolver esta pesquisa, e ao *Coordenação* de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao meu orientador Paulo que soube me ajudar por meio de seus incentivos e corretivos e que mesmo quando distante nunca esteve fora de meu alcance.

Ao meu co-orientador Jairo, que tive o prazer de conhecer ainda na graduação, e que hoje é um grande exemplo de estudo e objetivo.

Aos professores, agradeço em nome de Kusdra, Regina e Tião, os quais hoje considero como amigos.

A minha família, Denir (pai), Fátima, Denir (filho), Alessandra e Raphael, pelo suporte e carinho e também saudade que me ajudaram a aguentar tudo o que passei.

A minha pequena, Wal, pelo amor, carinho e principalmente paciência que teve comigo por mais esses dois anos.

E aos amigos de conduta rondonienses, que facilitaram a adaptação as novas terras. E aos novos amigos acreanos, que me fizeram gostar tanto deste meu novo lar.

## RESUMO

O arroz é um importante alimento e produto agrícola brasileiro com grande potencial para crescimento, sendo o Estado de Rondônia o terceiro maior produtor da Região Norte, porém apresenta produtividade baixa de 2,6 t ha<sup>-1</sup>. Para aumentar essa produtividade é importante fazer o uso racional de insumos para incrementar a produção, sendo a diagnose foliar uma importante ferramenta para determinação dos elementos nutricionais que podem estar limitando a produção. Apesar disso a diagnose foliar padrão para a cultura é realizada tardiamente sendo suas conclusões utilizadas apenas na próxima safra. Desta maneira, o objetivo deste estudo foi verificar se através da Diagnose da Composição Nutricional – CND é possível utilizar épocas de amostragem anteriores à adubação de cobertura a fim de determinar as necessidades da cultura a tempo para correção na mesma safra do diagnóstico. Para tanto, foram coletadas 107 amostras foliares em três épocas de amostragem, sendo duas antecipações 30 e 40 DAS e uma padrão 65 DAS, de ensaios de materiais genéticos da Embrapa Rondônia no Município de Vilhena, Rondônia, obtendo-se as normas CND para cada época e utilizando cada norma para diagnosticar as demais épocas, comparando os resultados do Potencial de Resposta a Adubação – PRA, sob dois e três classes, e verificando o grau de concordância entre eles. As normas CND não foram capazes de antecipar o diagnóstico da amostragem padrão, porém as proporções de amostras classificadas em excesso, equilibrada e insuficiente permaneceram estáveis nas diferentes épocas sob suas respectivas normas, sendo que as antecipações de 30 e 40 DAS apresentaram graus de concordância semelhante entre si quando comparadas a amostragem padrão de 65 DAS.

Palavras-chave: *Oryza sativa*, CND, amostragem foliar.

## ABSTRACT

Rice is an important food and Brazilian agricultural product with great potential for growth, and the State of Rondônia is the third largest in the North, but has low yield of 2.6 t ha<sup>-1</sup>. To increase productivity it is important to make rational use of inputs to increase production, and foliar diagnosis an important tool for determining the nutritional elements that may be limiting. Nevertheless foliar diagnosis default for the culture is performed later and their conclusions only used on next season. Thus, the aim of this study was to verify whether through Compositional Nutrient Diagnosis - CND is possible to use sampling times prior to cover fertilization in order to determine the needs of the crop in time for correction in the same season of diagnosis. Therefore, 107 leaf samples were taken at three sampling times, two anticipations 30 and 40 DAS and a default 65 DAS, materials testing genetic Embrapa Rondônia in the county of Vilhena, Rondônia. Obtaining CND norms for each and time using each standard to diagnose other times, comparing the results of the Potential response to Fertilization - PRA, in two and three levels, and verifying the degree of agreement between them. The proportion of classified samples over-balanced and insufficient remained stable at different times in their respective rules, and the advances of DAS 30 and 40 showed similar degrees of concordance each other compared with the standard sample 65 DAS.

Keywords: *Oryza sativa*, CND, foliar sampling.

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1. Materiais genéticos semeados em ensaio de competição de cultivares e linhagens de arroz de sequeiro no campo experimental da Embrapa Rondônia no município de Vilhena no ano safra 2011/12. ....	15
TABELA 2. Análise química do solo do campo experimental da Embrapa Rondônia no município de Vilhena, safra de 2011/12. ....	16
TABELA 3. Formulas para cálculo do Potencial de Resposta a Adubação (PRA) em dois níveis de interpretação.....	19
TABELA 4. Intervalo de confiança (95%) dos teores nutricionais médios em cada época de amostragem para o arroz de sequeiro cultivado em Vilhena – RO, safra 2011/12. ....	20
TABELA 5. Parâmetros de normas CND de cada época de amostragem para o arroz de sequeiro cultivado em Vilhena – RO, safra 2011/12. ....	22
TABELA 6. Proporção (%) de amostras com nutrientes insuficientes, equilibrados e em excesso para o arroz de sequeiro cultivado em Vilhena – RO, safra 2011/12. ....	24
TABELA 7. Classificação dos elementos por ordem de deficiência para o arroz de sequeiro cultivado em Vilhena – RO, safra 2011/12. ....	25
TABELA 8. Grau de concordância entre as antecipações e a época padrão de amostragem em dois níveis de interpretação do PRA para o arroz de sequeiro cultivado em Vilhena – RO, safra 2011/12. ....	27

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	7
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	9
2.1 ARROZ DE SEQUEIRO .....	9
2.2 NUTRIÇÃO DO ARROZ.....	10
2.3 DIAGNOSE FOLIAR .....	11
2.4 MÉTODOS DE INTERPRETAÇÃO DAS ANÁLISES FOLIARES .....	12
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	15
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	20
<b>5 CONCLUSÕES</b> .....	29
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	30

## 1 INTRODUÇÃO

O cultivo de arroz em terras altas foi pioneiro no processo de colonização da Amazônia brasileira, graças a sua rusticidade, adaptando-se com facilidade a solos ácidos e de baixa fertilidade natural, destacando-se como cultura antecessora para cultivos agrícolas com maior aporte de insumos e tecnologia, em um sistema de sucessão (BARRETO et al., 2002). Atualmente a rizicultura tem sido associada, principalmente as culturas de milho e soja, porém também vem sendo amplamente difundida em áreas de pastagens degradadas, quase sempre associado a integração lavoura-pecuária (FERREIRA; SANTIAGO, 2012).

Neste cenário, Rondônia destaca-se como terceiro maior produtor da região Norte, com área colhida em 2011 de 71,1 mil hectares e produtividade média de 2,6 t ha<sup>-1</sup>, tendo elevado a produção em 21,6% entre 2008 e 2011 (AGRIANUAL, 2012). Tecnologias como eficiente controle fitossanitário, genótipos com alto potencial produtivo, manejo da adubação e o plantio em rotação, justificam-se estes resultados, embora estima-se que a cultura tenha atingido no Brasil apenas 40% de seu potencial produtivo (FAGERIA et al., 2011).

Entre as práticas adotadas no manejo cultural da rizicultura, destaca-se o manejo da adubação que pode aumentar a produção e reduzir custos, que chegam a representar um terço dos gastos total da lavoura, sendo N, P e K requeridos em maior quantidade e diretamente relacionados com o incremento da produtividade em lavouras comerciais (FAGERIA; BRESEGHELLO, 2004). Assim, monitoramento nutricional fundamenta-se como ferramenta mais adequada para o uso racional de fertilizantes e vem sendo cada vez mais adotado em sistemas de produção com alta tecnologia (FAGERIA et al., 2009).

Em lavouras anuais de grande expressão econômica a utilização da análise de tecidos tem sido difundida como instrumento para o monitoramento nutricional e não como ferramenta decisiva para o manejo da adubação principal, uma vez que as recomendações para análise foliar são normalmente indicadas com a cultura em estágio fenológico inadequado para fertilização corretiva, portanto limitando para a safra seguinte a aplicação das informações propostas pelo diagnóstico nutricional (KURIHARA et al., 2005).

A faixa de suficiência (FS) e o nível crítico (NC) são as ferramentas mais utilizadas na interpretação da análise de tecidos em lavouras comerciais, entretanto o

diagnóstico nutricional tem sido limitado às lavouras sob manejo cultural e condições edafoclimáticas semelhantes às aquelas obtidas no estabelecimento do padrão de referência. De forma alternativa, o Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) tem sido proposto como instrumento capaz de realizar o diagnóstico nutricional eficaz, tendo como vantagem principal comparativamente as FS e NC a possibilidade de elencar os nutrientes por ordem de limitação à cultura (BEAULFILS, 1973).

O DRIS foi proposto para realizar o diagnóstico nutricional e a recomendação de adubação independente do desenvolvimento da cultura, já que a utilização de relações bivariadas reduz a dependência do diagnóstico ao estágio fenológico da cultura ou fatores ambientais (SUMNER, 1977; RODRÍGUEZ; RODRIGUEZ, 2000). De forma semelhante, a Diagnose da Composição Nutricional (CND) utiliza relações multivariadas (quociente do teor do nutriente em relação a média geométrica da composição nutricional), sendo estruturalmente semelhante ao DRIS, compartilhando das mesmas vantagens supracitadas, entretanto com maior facilidade para o cálculo dos índices nutricionais (PARENT; DAFIR, 1992),

Como o DRIS ou CND possibilita o diagnóstico nutricional, independente do estágio de desenvolvimento da lavoura, conforme já observado na literatura, utilizando-se o DRIS para o diagnóstico nutricional em lavouras de milho (SUMNER; BEAUFILS, 1975) e cana-de-açúcar (SUMNER, 1977). Pressupõe-se que a antecipação do diagnóstico nutricional seria fundamental para inserir a análise de tecido como informação adicional no manejo da adubação principal. Entretanto resultados distintos foram relatados para cafeeiro arábica (PARTELLI et al., 2007) e maracujazeiro amarelo (CARVALHO et al. 2011), pois a antecipação do diagnóstico nutricional promoveu alterações na ordem de limitação nutricional em contraste ao período indicado pela literatura

No Brasil a utilização de métodos alternativos para o diagnóstico nutricional se restringe ao cultivo de arroz alagado, utilizando-se a amostragem foliar em época indicada pela literatura (GUINDANI et al., 2009; WADT et al., 2013). Neste sentido, objetivou-se avaliar o estado nutricional em lavouras arrozeiras comerciais em condições de sequeiro, a partir de três épocas de amostragem foliar, utilizando-se o CND como ferramenta para o diagnóstico nutricional.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

O arroz é o alimento mais importante para mais da metade da população mundial, sendo um dos cereais mais consumidos no mundo, tendo o Brasil como o nono maior produtor mundial (FAO, 2013). A origem da *Oryza sativa* L., espécie mais cultivada de arroz, é asiática, sendo que sua domesticação ocorreu entre a Índia e a Indochina (NAYAR, 1973).

Baseado no relevo e manejo da água o cultivo do arroz é comumente dividido em arroz irrigado e arroz de terras altas ou arroz de sequeiro (FAGERIA et al., 2011), sendo este último o modo mais utilizado nas regiões Centro-Oeste e Norte do país, regiões onde a disponibilidade de terras agricultáveis e de pastagens oferece grande potencial de expansão da cultura (BRESEGHELLO et al., 2011).

### 2.1 ARROZ DE SEQUEIRO

O Brasil é o maior produtor mundial de arroz de sequeiro (FAGERIA et al., 2011), mesmo que essa produção represente pouco mais de 25% de toda produção nacional de arroz (AGRIANUAL, 2012).

Na região Norte do Brasil, Rondônia é o terceiro maior produtor com área colhida em 2011 de 71,1 mil hectares e produtividade média de 2,6 t ha<sup>-1</sup>, tendo elevado a produção em 21,6% desde 2008, devido unicamente ao aumento da produtividade já que não houve alteração da área colhida (AGRIANUAL, 2012).

Comparando com outras regiões com condições edafoclimáticas semelhantes, como o norte do Mato Grosso que apresenta produtividade média de 4,5 t ha<sup>-1</sup>, a produtividade obtida é baixa, sendo ainda menor se comparada ao arroz irrigado que possui média de produtividade superior a 7,0 t ha<sup>-1</sup> (AGRIANUAL, 2012; FERREIRA; SANTIAGO, 2012).

Isso pode ser explicado principalmente por que o arroz não é a cultura principal para o produtor, sendo intimamente ligada à pecuária e ao cultivo de milho e soja, estando todo o manejo voltado para as outras atividades (VILLAR; FERREIRA, 2005).

No passado, quando havia maior número de áreas em processos de desmatamento e abertura, o arroz foi a cultura utilizada no preparo dessas áreas para a agricultura e pecuária dada sua rusticidade e menor necessidade de insumos para

correção da acidez do solo e adubação (BARRETO et al., 2002).

Hoje o cultivo continua associado à pecuária e cultivo de soja e milho, porém com maior aporte de insumos, mas ainda na maioria das propriedades não apresenta o manejo correto, ficando a cultura dependente da adubação residual das outras culturas ou pastagem (FERREIRA; SANTIAGO, 2012).

Apesar dos custo de produção do arroz de sequeiro ser 2,5 vezes menor quando comparado ao arroz irrigado (AGRIANUAL, 2012), o retorno econômico dessa atividade está sempre sujeito as constantes intervenções do governo federal por meio de política de preço (CONAB, 2013), o que torna o sistema de produção também mais susceptível as variações dos preços dos insumos. Disto resulta que pouco produtores adotam o arroz como a principal cultura na propriedade.

De acordo com estimativas do IRRI (2013), em 2025 o consumo de arroz passará de 760 milhões de toneladas, sendo necessário aumentar em aproximadamente 60% a produção mundial para atender a essa demanda.

Parte deste aumento pode ser alcançado com melhor manejo cultural: Fageria et al. (2011) afirmam, baseados na eficiência fotossintética dos materiais mais recentes, que juntamente com a maior aplicação da tecnologia de manejo e aplicação de insumos e com o devido controle de pragas, doenças e plantas daninhas a produtividade média pode atingir 7,8 t ha<sup>-1</sup>, assim como já acontece em alguns experimentos.

## 2.2 NUTRIÇÃO DO ARROZ

O correto balanço nutricional da cultura é determinante para o bom desenvolvimento do vegetal e sua produção (MALAVOLTA, 2006). Segundo Fageria e Knupp (2013) a nutrição é um dos fatores mais importantes para o aumento da produtividade da cultura do arroz, que apesar de não ser considerada uma cultura exigente, apresenta em geral aplicação insuficiente de insumos.

Os riscos econômico e de perda de produtividade devido a insuficiência hídrica estão entre os principais fatores que desestimulam maior investimento por parte dos produtores nessa cultura (FAGERIA et al., 2010). Porém esse investimento é necessário devido aos solos ácidos e de baixa fertilidade natural encontradas nas regiões produtoras do arroz de sequeiro, principalmente dos Estados de Rondônia e Mato Grosso, sendo portanto a adubação e a correção dos solos praticas importantes

no aumento da produtividade (FAGERIA; BRESEGHELLO, 2004).

Contudo, para uma correta e econômica intervenção se faz necessário antes de tudo um diagnóstico preciso do quadro nutricional da cultura. Para isso são utilizados basicamente três tipos de avaliações da necessidade de adubações (MALAVOLTA, 2006).

A mais utilizada e classificada como um método indireto, é a análise de fertilidade do solo, a qual estima as quantidades disponíveis de nutrientes essenciais, alumínio trocável e condição da reação do solo (pH). Contudo, não exprime a real condição da cultura dada as variações ambientais que incidem sobre a absorção dos elementos químicos envolvidos (MARSCHNER, 2012).

A segunda alternativa baseia-se no diagnóstico visual, porém esse método pode resultar em interpretações equivocadas devido a confusão de sintomas e a possibilidade de identificar doenças bióticas como deficiência nutricional, além de apresentar um diagnóstico tardio já que a aparição dos sintomas ocorrem quando o dano fisiológico já não pode ser revertido (PRADO, 2008).

A terceira alternativa baseia-se na diagnose foliar a partir da análise química foliar. Essa técnica apresenta como vantagem o fato de utilizar a própria planta como extratora (BEAUFILS, 1973). Apesar de ainda pouco utilizada no Brasil, vem sendo cada vez mais estudada e aplicada devido a facilidade de acesso que vem sendo proporcionada ao longo dos anos através de novas tecnologias de análise, coletas e diagnóstico (PRADO, 2008).

### 2.3 DIAGNOSE FOLIAR

A análise química de tecidos é também conhecida por análise foliar por ser este o órgão mais utilizado para o diagnóstico do estado nutricional das plantas. As folhas são os sítios onde acontecem os principais processos metabólicos relacionados a fotossíntese e onde a concentração de nutrientes tem maior importância metabólica. Além disto, as folhas respondem melhor as suas variações de suprimento de nutrientes, seja via solo ou mesmo via aplicações foliares (MALAVOLTA et al., 1997).

O processo de diagnose do estado nutricional, resumidamente, diagnose foliar, tem por objetivo identificar o estado nutricional da planta comparando a amostra com um padrão tomado como referência (KURIHARA et al., 2005).

Os padrões utilizados geralmente seguem regras básicas: folhas recém

maduras e em plena atividade metabólica, normalmente com amostragem realizada pouco antes do período de florescimento. Essas regras visam garantir que o tecido esteja bem suprido com nutrientes e que o órgão não esteja ainda em processo de acúmulo ou que já tenha sofrido redistribuição dos seus elementos (PRADO, 2008).

Para o arroz, a última folha totalmente estendida antes da floração denominada de folha bandeira ou folha “Y” é a recomendada para a amostragem foliar, estando presente por volta dos 65-70 dias após a semeadura (COUNCE et al., 2000).

Segundo Kurihara et al. (2005), para a culturas anuais, a análise foliar auxilia no ajuste de adubação apenas para a próxima safra, comprometendo a principal vantagem que seria utilizar a própria planta como extratora dos nutrientes do solo, uma vez que na próxima safra as condições de plantio poderão ser diferentes daquelas vigentes na safra utilizada para a diagnose foliar.

Essa limitação ocorre porque a amostragem foliar, e por consequência a análise e diagnose nutricional da cultura, ocorrem ao final do ciclo vegetativo e início do ciclo reprodutivo, quando não há mais possibilidade de ocorrer a intervenção no manejo da adubação, cuja época adequada deve ser no máximo aos 45 dias após a semeadura (FERREIRA; SANTIAGO, 2012).

## 2.4 MÉTODOS DE INTERPRETAÇÃO DAS ANÁLISES FOLIARES

Os dois métodos mais utilizados são as faixas de suficiência e o nível crítico, que buscam a comparação da concentração de dado nutriente com uma faixa de valores ou um valor crítico. Para tanto, faz-se necessário uma série de ensaios de calibração que buscam estabelecer teores ótimos para cada nutriente e em cada cultura, para servir de comparação, executados ao longo de vários anos (RIBEIRO et al., 1999).

Apesar de serem amplamente utilizados, esses métodos acabam tornando-se dispendiosos, considerando todos os experimentos realizados para dar suporte ao método e com o passar do tempo, dado principalmente ao constante melhoramento genético das culturas que acabam por alterar suas necessidades nutricionais, tornam-se inadequadas (PRADO, 2008).

Para correta utilização destes métodos é imprescindível que o órgão analisado e a época de coleta da amostra sejam os mesmos do padrão estabelecido nos experimentos, com o risco de que ocorra variações geradas não pelos fatores em

estudo mas pela alteração fisiológica normal da planta. (MARSCHNER, 2012).

Outro aspecto, que nem sempre é levado em consideração na utilização desses métodos, são os locais onde foram realizados os ensaios de calibração. As condições ecofisiológicas do ambiente incidem diretamente sobre os processos de absorção, translocação e redistribuição dos nutrientes e na produtividade das culturas, de modo que os ensaios resultam em padrões aceitáveis somente para condições semelhantes aquelas utilizadas nos ensaios de calibração (RIBEIRO et al., 1999).

Como método alternativo àqueles que avaliam os nutrientes de forma isolada, há o método do Sistema Integrado de Diagnóstico e Recomendação (DRIS), proposto por Beaufils (1971; 1973) que tem como objetivo avaliar também interação entre os nutrientes.

Decorre disto uma das principais vantagens do DRIS, que por avaliar a interação entre os nutrientes, permite que esses sejam ordenados daquele mais deficiente ao mais excessivo. Além disto, esse método não se restringe aos dados provenientes de ensaios de calibração, podendo também trabalhar com dados de lavouras comerciais e de outros tipos de experimentos além daqueles voltados a calibração experimental (RODRÍGUEZ E RODRÍGUEZ, 2000).

As interações são avaliadas por meio de funções que descrevem relações entre os teores nutricionais. As relações nutricionais, normalmente na forma de quocientes, pode resultar em maior correlação com a produtividade da cultura do que com a simples concentração de cada nutriente no tecido foliar (REIS JUNIOR; MONNERAT, 2003).

O uso de quocientes entre os teores nutricionais também contribui para minimizar os efeitos de concentração e diluição, causados pela variação não controlada da matéria seca. A redução deste efeito contribui, segundo Sumner e Beaufils (1975) e Sumner (1977), para permitir que o processo de diagnóstico foliar seja estendido para períodos mais amplos, tornado o processo menos dependente da época ou idade do tecido amostrado. Zambello Junior (1980) trabalhando com cana de açúcar também encontrou resultados semelhantes, sugerindo que a interpretação do estado nutricional adotando o DRIS é um processo pouco dependente da época de amostragem.

Outros autores, contudo, discordam de ser a diagnose foliar por meio do DRIS independente da época de amostragem. Baldock e Shulte (1996) afirmam que em alguns casos há sensibilidade quanto à idade da planta, enquanto Partelli et al. (2007)

e Carvalho et al. (2011) afirmam não ser uma prática recomendada devido ao fato da diagnose foliar ter sido dependente da época de amostragem.

Baseado no DRIS e no método de análise composicional de Aitchison (1982), Parent e Dafir (1992) desenvolveram a Diagnose da Composição Nutricional (CND), onde, diferente do seu antecessor, trabalha com as relações multivariadas com todos os nutrientes que integram a amostra (CAMACHO et al., 2012).

O CND apresenta maior facilidade de cálculos dos seus índices, podendo ser interpretados de forma semelhante ao DRIS (WADT, 2011). Esse método trabalha com as relações dos teores dos componentes da matéria seca, inclusive daqueles não avaliados analiticamente, para expressar o equilíbrio nutricional (SERRA et al., 2010). Isso é feito através do teor dos componentes da matéria seca, definido como valor de complemento, calculado através da diferença entre a composição total da matéria seca e o somatório dos teores de nutrientes na folha. Esse integra a média geométrica da composição nutricional que servirá para realizar a correção do índice de cada nutriente (KURIHARA, 2004).

Este método vem sendo aplicado à diversas culturas como eucalipto (SILVA et al., 2004; SILVA et al., 2005); cana-de-açúcar (SILVA, 2011; BERTALLI, 2011); soja (KURIHARA, 2004; URANO et al., 2006; URANO et al., 2007); pimenta longa (WADT et al., 2012); algodão (SERRA et al., 2010); e laranja-pera (CAMACHO et al., 2012).

Para o DRIS existem alguns trabalhos com arroz irrigado (COUNCE; WELLS, 1986; BELL; KOVAR, 2009), também no Brasil (GUINDANI, 2009). Porém para arroz de sequeiro não há trabalhos, seja utilizando o DRIS ou o CND.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado concomitantemente com parcelas experimentais para ensaios de competição de cultivares e linhagens de arroz de sequeiro, conduzidas no campo experimental da Embrapa Rondônia, coordenadas 12° 47' 23" S e 60° 05' 42" O, no município de Vilhena, RO.

A região possui clima Tropical Chuvoso, AW, segundo classificação de Köppen. A temperatura média anual é de 23,9 °C e a precipitação pluvial média de 2.098 mm ano<sup>-1</sup>. Com seis meses secos bem definidos de abril a setembro com precipitação média de 37,4 mm e temperaturas mínima e máxima médias de 18,0 e 30,8 °C, respectivamente. De outubro a março ocorre o período chuvoso com precipitação média de 312,4 mm e temperaturas mínima e máxima médias de 21,0 e 29,6 °C respectivamente (SEDAM, 2010).

As parcelas experimentais foram de 100 x 12 m (0,12 ha), e cultivadas como oito materiais genéticos: cinco linhagens e três cultivares, apresentados na Tabela 1. O tratamento com a cultivar BRS Sertaneja foi duplicado. A semeadura ocorreu entre os dias 8 e 13 de outubro de 2011 e a colheita entre os dias 28 de março e 10 de abril de 2012, com todos os materiais apresentando período de emergência entre 3 a 4 dias.

TABELA 1. Materiais genéticos semeados em ensaio de competição de cultivares e linhagens de arroz de sequeiro no campo experimental da Embrapa Rondônia no município de Vilhena no ano safra 2011/12.

Ordem	Código/Nome
1	LE 425
2	LE 719
3	LE 161
4	LE 834
5	BRS Sertaneja
6	LE 658
7	BRS Monarca
8	AN Cambará
9	BRS Sertaneja

O cultivo foi realizado com espaçamento entre linhas de 0,36 m para uma densidade de plantio de 102 sementes m<sup>-2</sup>, ou 70 kg ha<sup>-1</sup>, em Latossolo vermelho amarelo distrófico com características químicas apresentadas na Tabela 2. A área foi

cultivada com soja em 2008/09 e 2009/10 e ficou em pousio no ano safra 2010/11. Não houve calagem antes do plantio.

TABELA 2. Análise química do solo do campo experimental da Embrapa Rondônia no município de Vilhena, safra de 2011/12.

pH em KCL	P mg dm <sup>-3</sup>	K	Ca	cmolc dm <sup>-3</sup>			V%
				Mg	Al + H	Al	
5,11	4,70	0,10	2,42	0,69	4,41	0,00	42,13

Houve adubação no plantio com 420 kg ha<sup>-1</sup> da formulação 04-30-16 mais 28 kg ha<sup>-1</sup> de FTE BR12, para fornecimento de Ca, Mg, S, B, Cu, Mn, Mo e Zn, e com adubação de cobertura de 150 kg ha<sup>-1</sup> de 20-0-20 e 100 kg de sulfato de amônia aos 30 e 60 dias, respectivamente, após semeadura. Foram utilizados superfosfato triplo para fornecimento de P e cloreto de potássio para K.

As coletas foram realizadas nas bordaduras das parcelas experimentais para não prejudicar a área útil da parcela, sendo retiradas quatro amostras compostas da parte aérea do arroz por época de avaliação; essas amostragens foram realizadas em faixa de 5 m ao longo da maior extensão de cada parcela experimental (100 m).

As amostragens foram realizadas em três períodos: 30, 40 e 65 dias após a semeadura (DAS), sendo o terceiro período realizado para coincidir com o início do estágio reprodutivo do arroz, correspondendo a fase onde ao menos 50% das plantas já estão formados o colar da folha bandeira, também denominada folha “Y”, entre o R1 e R3 da escala de Counce et al. (2000). Este estágio foi utilizado por ser considerado padrão para amostragem foliar do arroz (MALAVOLTA et al., 1997).

No total, foram nove tratamentos (considerando os oito materiais genéticos e a duplicação de um material genético em um tratamento independente), três épocas de amostragem e quatro repetições por época, sendo obtidas portanto 108 amostras foliares. Devido à perda de uma amostra foliar (quarta repetição da cultivar BRS Sertaneja do tratamento nove na amostragem de 40 DAS), o total foi reduzido para 107 amostras foliares.

As amostras das parcelas experimentais, nas épocas de 30 e 40 DAS, foram compostas de toda a parte aérea, com corte rente ao solo, de 10 a 25 plantas. Aos 65 DAS, foram coletadas 50 folhas bandeira por parcela.

O material vegetal coletado foi acondicionado em sacos de papel identificados e encaminhado para câmara fria com temperatura (13 °C) e umidade (30%)

constantes. Logo após foi transportado para lavagem, secagem, trituração e armazenamento das amostras em sacos plásticos identificados. Após, as análises realizadas na Embrapa Solos, foram digeridas por solução nítrico-perclórica para determinação dos teores de Ca, Mg, B, Mn, Fe, Zn e Cu por espectrometria de plasma (ICP-OES); de K, por fotometria de chama; de P, por espectrofotometria molecular; e de N total por digestão sulfúrica a destilação pelo método Kjeldahl, conforme descrito por Carmo et al. (2000).

A produtividade de cada parcela experimental foi estimada utilizando três linhas, com quatro metros cada, em seis repetições para cada parcela e expressa em kg ha<sup>-1</sup> para o equivalente de 13% de umidade em grãos com casca.

Para cada época de amostragem foram determinadas as normas CND (PARENT; DAFIR, 1992) independente do material genético ou produtividade dos materiais. Para isto, os teores dos nutrientes foram ajustados para mg kg<sup>-1</sup>, e a seguir determinou-se para cada amostra ao valor R (1000 – somatório dos teores nutricionais expressos em mg kg<sup>-1</sup>), a média geométrica e a variável multinutriente utilizando o logaritmo natural (PARENT; DAFIR, 1992).

$$gX = \ln \left( \frac{Vx}{\sqrt{(n+1)} \sqrt{(Vx * Vy * ... * Vn * VR)}} \right)$$

Onde:

gX = Variável multinutriente do nutriente X;

ln = Logaritmo natural;

V<sub>x,y,z</sub> = valor de cada nutriente avaliado expresso em mg kg<sup>-1</sup>;

N = número de nutrientes avaliados;

VR = Conteúdo dos nutrientes não avaliados.

As normas CND consistiram da média e desvio padrão para a variável nutriente de N, P, K, Ca, Mg, B, Cu, Fe, Mn e Zn, para cada época de amostragem: 30, 40 e 65 DAS.

O índice CND para cada nutriente foi obtido pela expressão de acordo com Serra et al. (2010).

$$In.x = \frac{(gX - \mu X)}{\sigma X}$$

Onde:

In.x = Índice CND do nutriente X;

gX = Variável multinutriente do nutriente X;

$\mu X$  = norma média do multinutriente X;

$\sigma X$  = norma desvio padrão do multinutriente X.

Os índices CND foram obtidos de forma indiferente aos materiais genéticos e separadamente para cada um dos conjuntos de normas CND, portanto, normas de 30, 40 e 65 DAS.

Foi calculado o índice de balanço nutricional médio (IBNm) e feita a interpretação dos índices CND pelo critério do potencial de resposta a adubação (PRA) (WADT, 2005) em dois níveis de interpretação, utilizando-se na primeira três classes: insuficiência (índice CND negativo e maior, em módulo, que o IBNm), equilibrado (índice CND menor, em módulo, que o IBNm) e excesso (índice CND positivo e maior que o IBNm); no segundo considerou-se apenas duas classes: insuficiência (índice CND negativo e maior, em módulo, que o IBNm) e suficiência (índice CND negativo e menor ou igual, em módulo, que o IBNm; ou índice DRIS positivo) (Tabela 3).

$$IBNm = \frac{(Abs In.x) + (Abs In.y) + (...) + (Abs In.n)}{n}$$

Onde:

IBNm = Índice de balanço nutricional médio;

Abs In.x,y,n = Valor absoluto dos índices de cada nutriente avaliado;

n = Número de nutrientes avaliados.

A seguir, foram computados a concordância entre os diagnóstico do estado nutricional das diferentes épocas de amostragem de cada nutriente dentro da mesma parcela experimental. Foram considerados coincidentes quando houve o mesmo diagnóstico e discordantes quando o diagnóstico diferiu entre uma época e outra.

Foram ainda determinadas faixas nutricionais, calculadas através da média, desvio padrão e intervalo de confiança à 95% para cada época de amostragem.

TABELA 3. Formulas para cálculo do Potencial de Resposta a Adubação (PRA) em dois níveis de interpretação.

2 Classes de PRA	3 Classes de PRA
Insuficiência/Deficiência	
$\langle  In.x  > IBNm \rangle$ e $(In.x)$ negativo	
Equilibrado	
$\langle  In.x  \leq IBNm \rangle$	
Suficiente $\langle  In.x  \leq IBNm \rangle$ ou $(In.x)$ positivo	Excesso
	$\langle  In.x  > IBNm \rangle$ e $(In.x)$ positivo

In.x = Índice CND do nutriente X; IBNm = Índice de balanço de nutriente médio.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os materiais genéticos apresentam produtividades que variam de 3.029 kg ha<sup>-1</sup>, para cultivar AN Cambará, a 5.583 kg ha<sup>-1</sup> alcançada pela cultivar BRS Sertaneja, sendo a produtividade médias entre todos os materiais de 4.508 kg ha<sup>-1</sup>. Portanto, superior à média local de 3.000 kg ha<sup>-1</sup> (FERREIRA; SANTIAGO, 2012). Esses valores são compatíveis com produções observados à campo, em regiões semelhantes, e que variam de 1.000 a 7.800 kg ha<sup>-1</sup> (FAGERIA et al., 2011).

Os teores dos nutrientes apresentam valores dentro das faixas propostas por Prado (2008) e próximos aos indicados por Fageria et al. (2011), em trabalho para avaliação da marcha de absorção de nutrientes, exceto para o K, Fe e Mn (Tabela 4).

TABELA 4. Intervalo de confiança (95%) dos teores nutricionais médios em cada época de amostragem para o arroz de sequeiro cultivado em Vilhena – RO, safra 2011/12.

Nutriente	Época de Amostragem			Prado (2008) <sup>1</sup>	Fageria et al. (2011) <sup>2</sup>		
	30 DAS	40 DAS	65 DAS		19 DAS	44 DAS	68 DAS
g kg <sup>-1</sup>							
N	35,3-37,7	25,0-27,1	31,8-33,3	27,0-35,0	47,7	30,2	18,7
P	2,2-2,4	1,8-2,0	1,9-2,1	1,8-3,0	3,6	1,7	1,1
K	24,2-26,7	20,9-23,3	10,4-11,4	13,0-30,0	33,0	31,2	27,5
Ca	2,8-3,1	2,5-2,7	2,8-3,3	2,5-10,0	3,3	3,8	3,1
Mg	2,9-3,2	3,0-3,3	1,8-2,0	1,5-5,0	2,7	2,7	2,4
mg kg <sup>-1</sup>							
Fe	372,6-570,7	396,4-523,5	38,3-46,8	70,0-200,0	1325,0	300,0	157,0
Mn	82,6-114,3	75,8-106,8	45,1-59,6	70,0-400,0	250,0	217,0	145,0
Zn	54,8-68,7	54,5-65,1	15,9-18,3	10,0-50,0	40,0	29,0	21,0
B	14,0-18,7	6,8-8,5	6,2-7,7	4,0-25,0	10,0	9,0	9,0
Cu	5,5-7,6	5,1-6,1	6,0-6,6	3,0-25,0	22,0	12,0	8,0

<sup>1</sup> Época padrão de amostragem, aos 65 DAS através da coleta da folha bandeira.

<sup>2</sup> Amostras em função da idade: Plântulas (< 30 cm) toda a parte aérea; antes da floração – 4 folhas superiores bem desenvolvidas. Não houve amostragem após a floração.

Em geral, à exceção do Mg, houve diminuição das concentrações dos

nutrientes entre a amostragem de 30 DAS para a de 40 DAS (Tabela 4), concordando com Fageria et al. (2011) que atribuem a esse fenômeno o efeito de diluição pelo intenso perfilhamento e rápido aumento da massa seca. Segundo esses autores, os perfilhos tornam-se autotróficos apenas depois da terceira folha formada, sendo os nutrientes utilizados drenados do perfilho principal.

Fageria et al. (2011) destacam que o K, mesmo também apresentando tendência de queda, é o nutriente com maior concentração a partir da segunda amostragem superado apenas pelo N na amostragem aos 19 DAS. Diferente do que foi constatado nesse trabalho onde o N permaneceu, independentemente da época amostrada, como o nutriente com maior concentração. As faixas proposta por Prado (2008) também indicam uma maior concentração do N e maior variação para K, indicando maior amplitude nos valores adequados deste nutriente, o que pode explicar os diferentes diagnósticos mesmo com o efeito da adubação de K no plantio e cobertura.

Fe e Mn apresentam diferentes concentrações daquelas descritas por Prado (2008) e Fageria et al. (2011) estando sempre abaixo dos valores indicados. Segundo Prado (2008) Fe e Mn são os micronutrientes mais abundantes em solos tropicais ácidos, como ocorre com o solo da área experimental, o que diminui a probabilidade de deficiência apesar das baixas concentrações encontrada nos tecidos. Além disso, houve adubação com FTE que fornece 2% de Mn.

Os valores de referência para a avaliação do estado nutricional do arroz são em geral de amostras da folha “Y”, não havendo recomendações realizadas utilizando dados das amostras de antecipações. A amostragem neste período, embora adotada no mundo todo (MALAVOLTA et al, 1997; COUNCE et al., 2000) impede a correção da fertilidade no mesmo ano ou safra, por ocorrer em um período em que planta não mais responde às adubações, sendo portanto, importante a verificação da capacidade do uso dessas antecipações em recomendações de adubação.

Portanto, os teores foliares indicam tratar de lavouras bem nutridas com variação de alguns nutrientes, o que é pertinente tratando-se de experimento de competição de materiais genéticos.

As normas CND obtidas variaram conforme as épocas de amostragem (Tabela 5), principalmente em relação à folha bandeira (65 DAS) e as antecipações amostrais (30 e 40 DAS).

TABELA 5. Parâmetros de normas CND de cada época de amostragem para o arroz de sequeiro cultivado em Vilhena – RO, safra 2011/12.

Parâmetro	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	B	Cu	MS
30 DAS											
Média	3,488	0,719	3,119	0,960	0,988	-1,032	-2,549	-2,948	-4,292	-5,193	6,729
Desvio Padrão	0,169	0,164	0,180	0,157	0,149	0,503	0,465	0,260	0,350	0,240	0,139
CV (%)	4,85	22,74	5,78	16,38	14,93	48,75	18,24	8,83	8,16	4,62	2,07
40 DAS											
Média	3,295	0,679	3,125	0,990	1,195	-0,814	-2,475	-2,809	-4,903	-5,175	6,892
Desvio Padrão	0,108	0,144	0,176	0,130	0,138	0,365	0,475	0,231	0,418	0,169	0,112
CV (%)	3,27	21,20	5,63	13,12	11,57	44,84	19,17	8,23	8,53	3,27	1,62
65 DAS											
Média	3,962	1,184	2,859	1,559	1,107	-2,710	-2,548	-3,610	-4,543	-4,600	7,338
Desvio Padrão	0,075	0,142	0,171	0,202	0,150	0,242	0,350	0,202	0,323	0,142	0,095
CV (%)	1,88	12,02	5,98	12,93	13,53	8,93	13,75	5,58	7,12	3,08	1,30

A variação do Fe, mostrada acima nas concentrações dos nutrientes, também é apontada pelas normas CND. Nas duas primeiras amostragens os CV's para este nutriente estão acima de 44%, muito acima dos demais nutrientes, diminuindo e ficando abaixo dos 14%, na amostragem padrão, como os demais.

Existem normas para arroz irrigado usando o DRIS de relações bivariadas, em trabalhos realizados em Arkansas, Estados Unidos, (COUNCE; WELLS, 1986; BELL; KOVAR, 2009) e no Rio Grande do Sul, Brasil (GUINDANI, 2009), porém não há normas CND para a cultura do arroz de sequeiro.

As normas CND também indicam ter havido aumento da concentração relativa de N, P e Ca, entre os macronutrientes, e de Cu entre os micronutrientes (Tabela 5). A norma CND para N variou de 3,5 (30 DAS) e 3,3 (40 DAS) para 4,0 aos 65 DAS. A norma CND de P variou de 0,7 (30 e 40 DAS) para 1,2 aos 65 DAS. E a norma CND de Ca, variou de 1,0 (30 e 40 DAS) para 1,6 aos 65 DAS.

Por sua vez, K, Fe e Zn foram os nutrientes que apresentaram maior diminuição da concentração relativa. A norma CND de K variou de 3,1 (30 e 40 DAS) para 2,9 aos 65 DAS e a norma CND de Zn variou de -2,9 (30 DAS) ou -2,8 (40 DAS) para -3,6 aos 65 DAS.

O aumento relativo de Ca pode ser atribuído a baixa translocação deste

nutriente na planta e sua tendência de se acumular com o avanço da idade do órgão (PRADO, 2008), N foi aplicado em adubações de cobertura; não está claro o efeito que resultou em aumento da concentração de P, mas poderia ser devido ao crescimento do sistema radicular fasciculado do arroz, aumentando a área de contato solo-raiz e assim facilitando a absorção deste nutriente que é absorvido principalmente por difusão (MARSCHNER, 2012).

Por sua vez, para o K, embora tenha havido sua aplicação em cobertura, aparentemente essa foi inferior a demanda da cultura. A diminuição da norma de CND para Zn também indica possibilidade desse nutriente estar sendo fornecido em quantidades insuficientes. A deficiência de Zn geralmente é atribuído à baixa disponibilidade natural dos solos e à interação negativa com o fosforo (BRESEGHELLO; STONE, 1998), que teve uma pesada adubação na base do cultivo.

Considerando-se a frequência dos casos de insuficiência para cada um dos nutrientes avaliados (Tabela 6), e comparando o diagnóstico realizado pelas normas específicas para cada uma das épocas de amostragem (30 → 30; 40 → 40; 65 → 65) observa-se que os casos de insuficiência foram mantidos praticamente constantes nas três épocas: N (25, 23, 25% dos casos); P (20, 20, 17 % dos casos), K (19, 20, 19% dos casos), Ca (22, 23, 28% dos casos) e Mg (22, 20, 22% dos casos). Para os micronutrientes a semelhança na proporção dos casos de insuficiência foi menor entre as três épocas de amostragem: Fe (31, 26, 20% dos casos), Mn (31, 14, 22 % dos casos), Zn (19, 14, 11 % dos casos), B (28, 14, 25% dos casos) e Cu (19, 29, 25 % dos casos). Portanto, a variação nos valores das normas não afetou significativamente o diagnóstico entre as três épocas.

Quando os diagnósticos são realizados com normas diferentes da época de amostragem, as diferenças entre os diagnósticos foram superiores: N – 100% em excesso utilizando normas de 40 DAS quando a amostragem foi feita aos 65 DAS (40 → 65) e 100% insuficiente quando ocorreu o contrário (65 → 40); Mg – 100% considerado equilibrado quando 40 → 65 e 65 → 30-40; Fe - 100% considerado em excesso quando 65 → 30-40; Zn e B – 100% considerado equilibrado quando 40 → 65.

As adubações de cobertura, de N e K, não foram capazes de diminuir o número de parcelas consideradas insuficientes. Essas adubações são realizadas em épocas críticas de aumento da demanda para a cultura: perfilhamento e primórdio floral (FERREIRA; SANTIAGO, 2012). Desta maneira esse maior aporte de nutriente foi suficiente apenas para suprir o aumento da demanda e não para cobrir deficiência já existente, visto que também não houve alteração da quantidade de parcelas

consideradas em excesso ou equilibradas para esses nutrientes.

TABELA 6. Proporção (%) de amostras com nutrientes insuficientes, equilibrados e em excesso para o arroz de sequeiro cultivado em Vilhena – RO, safra 2011/12.

Estado Nutricional	Normas								
	30 DAS			40 DAS			65 DAS		
	Épocas Avaliadas								
	30	40	65	30	40	65	30	40	65
N									
Insuficiente	25	66	0	0	23	0	94	100	25
Equilibrado	58	34	11	31	54	0	6	0	53
Excesso	17	0	89	69	23	100	0	0	22
P									
Insuficiente	20	14	0	11	20	0	50	43	17
Equilibrado	58	80	25	69	66	28	50	57	64
Excesso	22	6	75	20	14	72	0	0	19
K									
Insuficiente	19	14	11	11	20	8	0	0	19
Equilibrado	56	60	89	81	46	92	89	97	50
Excesso	25	26	0	8	34	0	11	3	31
Ca									
Insuficiente	22	11	0	19	23	0	39	14	28
Equilibrado	53	71	6	67	54	19	61	86	50
Excesso	25	18	94	14	23	81	0	0	22
Mg									
Insuficiente	22	0	0	61	20	0	0	0	22
Equilibrado	44	29	92	39	57	100	100	100	58
Excesso	33	71	8	0	23	0	0	0	20
Fe									
Insuficiente	31	3	94	42	26	97	0	0	20
Equilibrado	42	66	6	42	43	3	0	0	69
Excesso	27	31	0	16	32	0	100	100	11
Mn									
Insuficiente	31	11	0	17	14	0	3	3	22
Equilibrado	44	71	100	75	74	100	97	97	53
Excesso	25	18	0	8	12	0	0	0	25
Zn									
Insuficiente	19	6	69	31	14	0	0	0	11
Equilibrado	58	60	31	64	74	100	47	34	72
Excesso	23	34	0	5	12	0	53	66	17
B									
Insuficiente	28	77	3	0	14	0	0	3	25
Equilibrado	50	23	97	39	66	100	97	97	47
Excesso	22	0	0	61	20	0	3	0	28
Cu									
Insuficiente	19	6	0	17	29	0	92	71	25
Equilibrado	75	83	19	78	57	28	8	29	53
Excesso	6	11	81	5	14	72	0	0	22

Os nutrientes foram classificados até o terceiro mais limitante para todas as combinações de normas e épocas de amostragem (Tabela 7). Nota-se que quando avaliado cada época por suas respectivas normas o Cu foi identificado como o mais limitante aos 40 e 65 DAS e o Ca como o segundo mais limitantes em todas as épocas. Esse ordenamento segundo Rodríguez & Rodríguez (2000) é uma das vantagens do método DRIS, do qual é derivado o método CND.

TABELA 7. Classificação dos elementos por ordem de deficiência para o arroz de sequeiro cultivado em Vilhena – RO, safra 2011/12.

Época de amostragem	Ordem	Normas		
		30 DAS	40 DAS	65 DAS
30 DAS	1º	Mn	Mg	N
	2º	Ca, Fe e B	Fe	Cu
	3º	-	Zn	P
40 DAS	1º	B	Cu	N
	2º	N	N, P, Ca, Mg Mn, e Zn	B
	3º	P e K	-	-
65 DAS	1º	Fe	Fe	Cu
	2º	Zn	Zn	Ca
	3º	K	-	K e B

Apesar de não resolver o problema das amostras insuficientes para N, como discutido acima, a adubação ajudou a diminuir a prioridade de exigência para esse nutriente. Considerado juntamente com outros nutrientes como o segundo mais limitante quando avaliando amostras de 40 DAS sob sua própria norma, o N deixou de estar entre os três mais limitantes nas amostras de 65 DAS avaliado também sob sua própria norma.

Utilizando normas de 30 e 40 DAS para avaliar amostras coletadas aos 65 DAS (30-40 → 65), Fe e Zn foram considerados os mais limitantes, respectivamente. Essas mesmas amostras sob sua própria norma (65 → 65) não indicam os mesmos nutrientes como mais limitantes. Isto decorre provavelmente porque as necessidades da cultura alteram-se a ponto de nutrientes antes em quantidades satisfatórias sofrerem variação de sua disponibilidade fisiológica com a mudança do estágio de

desenvolvimento . No caso, Fe e Zn foram identificados como deficientes nas normas de 30 e 40 DAS por estarem nessas amostragens em maiores concentrações (Tabela 4) e quando essas foram diminuídas aos 65 DAS, apesar de não serem deficientes naquela idade conforme norma própria, foram assim identificadas.

Segundo Fageria et al. (2011) deficiência dos macronutrientes N, P, K, Ca, Mg já foram identificados, mas para micronutriente apenas Zn, sendo o P considerado por Fageria e Baligar (1997) o mais importante por ser o mais limitante a produção.

A resposta do arroz de sequeiro ao nitrogênio, que favorece principalmente o perfilhamento (BARRETO et al., 2012), fósforo ligado diretamente no desenvolvimento da cultura (ROTILI et al., 2010) e potássio que é importante em relação à massa de grãos (FARINELLI et al., 2004) são bem conhecidos, porém para micronutrientes existem poucas informações.

Guindani et al. (2009) chamam atenção para uma possível superestimação das deficiências de micronutrientes, utilizando o DRIS. Apesar de serem indicados como mais limitantes, dificilmente ocorrerão aumentos significativos da produção apenas com a adição desses micronutrientes.

Outrossim, os micronutrientes apresentam estreito intervalo entre deficiência e toxidez requerendo desta forma cautela antes de recomendar adubação destes nutrientes (CORRÊA et al., 2006). Portanto, apesar de indicar o Cu como mais deficiente aos 40 e 65 DAS não é possível afirmar que a adubação desse nutriente seria convertido em ganhos significativos na produção.

Essa irregularidade pode ser causada pela maior amplitude da tolerância da planta aos micronutrientes e para tentar corrigir essa irregularidade apresentada no DRIS Guindani et al (2009) sugerem que sejam realizados ajustes na sensibilidade do método, o que se mostra condizente também com os atuais resultados utilizando o CND.

Para utilização de normas de diagnóstico em determinada população é necessário que esta seja devidamente representativa da base de variação que compõe a norma DRIS (WALWORTH; SUMNER, 1987), sendo que o mesmo se aplica a CND. Como não há representação na população formadora das normas de 30 e 40 DAS com baixa concentração de Fe e Zn o uso dessas normas identificam populações com essas características como deficientes. Quando ocorre o contrário pode acontecer dos nutrientes serem classificados como se estivessem em excesso, como apresentado na Tabela 6, onde o Fe aparece desta maneira em 100% dos casos para

amostras de 30 e 40 DAS quando avaliadas sob normas de 65 DAS (30-40 → 65).

A concordância entre os diagnósticos das antecipações 30 e 40 DAS comparadas a norma do período padrão, 65 DAS, foram verificadas em dois e três níveis do PRA (Tabela 8). O diagnóstico para K apresenta maior concordância em relação aos demais nutrientes, independente da norma ou número de níveis utilizados, exceto para três classes do PRA sob a norma de 30 DAS onde a concordância para o Mg é maior.

TABELA 8. Grau de concordância entre as antecipações e a época padrão de amostragem em dois níveis de interpretação do PRA para o arroz de sequeiro cultivado em Vilhena – RO, safra 2011/12.

Classes do PRA	Grau de Concordância (%)									
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	B	Cu
————— 30 DAS —————										
3	25,00	30,56	61,11	22,22	66,67	19,44	52,78	25,00	50,00	25,00
2	75,00	83,33	91,67	72,22	77,78	25,00	77,78	41,67	77,78	75,00
————— 40 DAS —————										
3	22,22	30,56	58,33	22,22	58,33	19,44	52,78	19,44	47,22	27,78
2	75,00	83,33	88,89	72,22	77,78	22,22	77,78	36,11	75,00	75,00

Porém, as normas antecipadas de 30 e 40 DAS não conseguiram prever satisfatoriamente a classificação quando em três classes de PRA, onde a maioria dos nutrientes apresentam concordância menor ou igual a 50% como é o caso do N, P, Ca, Fe, Zn, B e Cu.

Para N, P, Ca, Mn, B e Cu a utilização de apenas duas classes de PRA, diferenciando apenas suficiência e insuficiência, aumentou consideravelmente a concordância de diagnóstico para mais de 75%, em média. Mas para Fe e Zn mesmo utilizando duas classes mantiveram seus diagnósticos baixos sendo 41,67% para Zn comparando as normas de 30 DAS e apenas 22,22% para Fe quando comparada as normas de 40 DAS, mostrando ainda o reflexo da alteração da necessidade desses nutrientes ao longo dos estádios da planta. Tudo isso independente da antecipação utilizada, apresentando entre elas apenas pequenas diferenças no diagnóstico.

Sumner & Beaufils (1975), trabalhando com cana-de-açúcar, alcançaram o mesmo diagnóstico para a cultura independentemente da idade da folha utilizada e da época do ano em que foi coletada, mas alertam que estresses para a planta, como

estresse hídrico, podem alterar o diagnóstico. Além disso, continuam os mesmos autores, não se deve esperar um diagnóstico a partir da análise de tecidos sempre imutável devendo levar em consideração os aspectos ambientais que atuam sobre a planta no momento da amostragem mais do que a idade do tecido amostrado.

## 5 CONCLUSÕES

1. Há a possibilidade de se utilizar a antecipação da amostragem, desde que seja desenvolvido padrões nutricionais compatíveis e que o diagnóstico seja realizado com duas classes de interpretação (insuficiente e suficiente).

2. Para os macronutrientes as proporções de amostras classificadas em excesso, equilibrada e insuficiente permaneceram estáveis nas diferentes épocas sob suas respectivas normas.

3. A adubação potássica de cobertura não foi suficiente para suprir as necessidades da cultura.

4. As antecipações de 30 e 40 DAS apresentaram graus de concordância semelhantes entre si quando comparadas a amostragem padrão de 65 DAS.

## REFERÊNCIAS

- AGRIANUAL: **Anuário de agricultura brasileira**, São Paulo: FNP Consultoria e Comércio p. 363-388, 2012.
- AITCHISON, J. The statistical analysis of compositional data. **Journal of the Royal Statistical Society**. London, n. 44, v. 2, p. 139-177, 1982.
- BALDOCK, J. S.; SCHULTE, E. E. Plant analysis with standardized scores combines DRIS and sufficiency range approaches for corn. **Agronomy Journal**, n. 88, p. 448-456, 1996.
- BARRETO, J. F.; RAMALHO, A. R.; MARTINS, G. C.; UTUMI, M. M.; DIAS, M. C.; XAVIER, J. J. B. N. **Recomendações técnicas para o cultivo do arroz no Amazonas**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2002. (Circular técnica, 12).
- BARRETO, J. H. B.; SOARES, I.; PEREIRA, J. A.; BEZERRA, A. M. E.; DEUS, J. A. L. de. Yiled performance of upland rice cultivars at diferente rates and times of nitrogen application. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 1, n. 36, p. 475-483, 2012.
- BEAUFILS, E. R. Physiological diagnosis: a guide for improvising maize production based on principles developed for rubber trees. **Fert. Society South African Journal**, n. 1, p. 1-30, 1971.
- BEAUFILS, E. R. **Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS): a general scheme of experimentation and calibration based on principles developed from research in plant nutrition**. Pietermaritzburg: University of Natal, 1973. 132p.
- BELL, P. F.; KOVAR, H. L. Rice. In: CAMPBELL, C. R. **Reference sufficiency ranges for plant analysis in the Southern Region of the United States**. Raleigh, NC: North Carolina Department of Agriculture and Consumer Services Agronomic Division, 2009. (Southern cooperative series bulletin, 394).
- BERTALLI, J. G. **Diagnose nutricional da cana-de-açúcar utilizando o método CND**. 2011. 32 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – UEMS, Aquidauana, 2011.
- BRESEGHELLO, F.; MORAIS, O. P. de; PINHEIRO, P. V.; SILVA, A. C. S.; CASTRO, E. da M de; GUIMARÃES, E. P.; CASTRO, A. P. de; PEREIRA, J. A.; LOPES, A. de M.; UTUMI, M. M.; OLIVEIRA, J. P. Results of 25 years of upland rice breeding in Brazil. **Crop Science**, v. 51, p. 914-923, 2011.
- BRESEGHELLO, F.; STONE, L. F. (Ed.). **Tecnologia para o arroz de terras altas**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1998.
- CAMACHO, M. A.; SILVEIRA, M. V. da; CAMARGO, R. A.; NATALE, W. Faixas normais de nutrientes pelos métodos ChM, DRIS e CND e nível crítico pelo método de distribuição normal reduzida para laranjeira-pera. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 1, n. 36, p. 193-200, 2012.
- CARMO, C. A. F. de S.; ARAÚJO, W. S.; BERNARDI, A. C. de C.; SALDANHA, M. F. C. **Métodos de análise de tecidos vegetais utilizados na Embrapa Solos**. Rio de Janeiro, RJ: Embrapa Solos, 2000. (Circular técnica, 6).

CARVALHO, A. J. C. de; FONTES, P. S. F.; FREITAS, M. S. M.; MONNERAT, P. H.; FONTES, A. G. Yellow passion fruit plant nutritional diagnosis at different phenological stages by the diagnosis and recommendation integrated system method. **Journal of Plant Nutrition**, v. 34, n. 4, p. 614-626, Feb. 2011.

CONAB. Preços agrícolas, da sociobiodiversidade e da pesca. **Preços do arroz**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/detalhe.php?a=1409&t=2>>. Acesso em: 14 jul. 2013.

CORRÊA, J. C.; COSTA, A. de M.; CRUSCIOL, C. A. C.; MAUAD, M. Doses de boro e crescimento radicular e da parte aérea de cultivares de arroz de terras altas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.1, n. 30, p. 1077-1082, 2006.

COUNCE, P. A.; KEISLING, T. C.; MITCHELL, A. J. A uniform, objective, and adaptive system for expressing rice development. **Crop Science**, v. 40, p. 436-443, 2000.

COUNCE, P. A.; WELLS, B. R. Rice Y-leaf nutrient analyses and midseason, foliar fertilization. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 17, n. 10, p. 1071-1087, 1986.

FAGERIA, N. K.; BARBOSA FILHO, M. P.; MOREIRA, A.; GUIMARÃES, C. M. Foliar fertilization of crop plants. **Journal of Plant Nutrition**, v. 32, n. 1, p. 1044-1064, 2009.

FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C.; JONES, C. A. **Growth and mineral nutrition of field crops**. New York: CRC Press, 2011.

FAGERIA, N. K.; MORAIS, O. P. de; SANTOS, A. B. dos. Nitrogen use efficiency in upland rice genotypes. **Journal of Plant Nutrition**, v. 33, p. 1696-1711, 2010.

FAGERIA, N. K.; BRESEGHELLO, F. Nutritional diagnostic in upland rice production in some municipalities of state of Mato Grosso, Brazil. **Journal of Plant Nutrition**, v. 27, n. 1, p. 15-28, 2004.

FAGERIA, N. K.; KNUPP, A. M. Upland rice phenology and nutrient uptake in tropical climate. **Journal of Plant Nutrition**, v. 36, n. 1, p. 1-14, 2013.

FARINELLI, R.; PENARIOL, F. G.; FORNASIERI FILHO, D.; BORDIN, L. Características agronômicas de arroz de terras altas sob plantio direto e adubação nitrogenada e potássica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.1, n. 28, p. 447-454, 2004.

FAO. Faostat database results. **Maiores produtores de arroz**. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>>. Acesso em: 13 jul. 2013.

FERREIRA, C.; SANTIAGO, C. M. (Ed.). **Informações técnicas sobre o arroz de terras altas: estados de Mato Grosso e Rondônia – safras 2010/2011 e 2011/2012**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2012. (Documentos, 268).

GUINDANI, R. H. P.; ANGHINONI, I.; NACHTIGALL, G. R. DRIS na avaliação do estado nutricional do arroz irrigado por inundação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 33, n.1, p. 109-118, 2009.

HOOGERHEIDE, H. C. **DRIS para avaliação do estado nutricional da soja em duas regiões do cerrado brasileiro**. 2005. 105 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – ESALQ/USP, Piracicaba, 2005.

IRRI. World rice statistics. **Forecast global rice**. Disponível em: < [http://irri.org/index.php?option=com\\_k2&view=itemlist&layout=category&task=category&id=744&Itemid=100346&lang=en](http://irri.org/index.php?option=com_k2&view=itemlist&layout=category&task=category&id=744&Itemid=100346&lang=en)>. Acesso em: 13 jul. 2013.

KURIHARA, C. H. **Demanda de nutrientes pela soja e diagnose de seu estado nutricional**. 2004. 114 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2004.

KURIHARA, C. H.; MAEDA, S.; ALVAREZ, V. H. **Interpretação de resultados de análise foliar**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2005. (Documentos, 74).

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2006.

MARSCHNER, P. **Mineral nutrition of higher plants**. 3. ed. New York: Elsevier, 2012.

NAYAR, N. M. Origin and cytogenetics of rice. **Genetics**, v. 17, p. 153–292, 1973.

PARENT, L. E. Diagnosis of the nutrient compositional space of fruit crops. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. 1, p. 321-334, mar. 2011.

PARENT, L. E.; DAFIR, M. A theoretical concept of compositional nutrient diagnosis. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 117, n. 2, p. 239-242, 1992.

PARENT, L. E.; NATALE, W. CND como alternativa a sistemas de alta produtividade: vantagens e benefícios. In: PRADO, R. de M.; ROZANE, D. E.; VALED, D; W; do; CORREIA, M A. R.; SOUZA, H. A. (Ed.). **Nutrição de Plantas: Diagnose foliar em grandes culturas**. Jaboticabal: FUNEP, 2008. p. 105-114.

PARTELLI, F. L.; VIEIRA, H. D.; CARVALHO, V. B. de; MOURÃO FILHO, F. de A. A. Diagnosis and Recommendation Integrated System norms, sufficiency range, and nutritional evaluation of Arabian Coffee in tow sampling periods. **Journal of Plant Nutrition**, v. 30, n. 1, p. 1651-1667, 2007.

PRADO, R. de M. **Nutrição de plantas**. Jaboticabal: FUNEP, 2008.

REIS JUNIOR, R. dos A.; MONNERAT, P. H. DRIS norms validation for sugarcane crop. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 38, n. 3, p. 379-385, mar. 2003.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. Viçosa, MG: CFSEMG, 1999.

RODRÍGUEZ, O.; RODRÍGUEZ, V. Desarrollo, determinación e interpretación de normas DRIS para el diagnóstico nutricional en plantas: una revisión. **Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ)**, v. 17, p. 449-470, 2000.

ROTILI, E. A.; FIDELIS, R. R.; SANTOS, M. M. dos; BARROS, H. B.; PINTO, L. C. Eficiência do uso e resposta à aplicação de fósforo de cultivares de arroz em solos de terras altas. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 3, p. 705-710, 2010.

SEDAM. **Boletim climatológico de Rondônia – Ano 2010**. Porto Velho: Coordenadoria de Geociência – Secretaria do Estado do Desenvolvimento Ambiental, 2010.

SERRA, A. P.; MARCHETTI, M. E.; VITORINO, A. C. T.; NOVELINO, J. O.; CAMACHO, M. A. Desenvolvimento de normas DRIS e CND e avaliação do estado nutricional da cultura do algodoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 34, p. 97-104, 2010.

SILVA, G. G. C. da; NEVES, J. C. L.; ALVAREZ, V. H.; LEITE, F. P. Nutritional diagnosis for eucalypt by DRIS, M-DRIS, and CND. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 61, n. 5, p. 507-515, set./out. 2004.

SILVA, G. G. C. da; NEVES, J. C. L.; ALVAREZ, V. H.; LEITE, F. P. Avaliação da universalidade das normas DRIS, M-DRIS e CND. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 29, p. 755-761, 2005.

SILVA, L. C. da. **Diagnose nutricional e potencial de resposta a adubação em cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) na região de tabuleiros costeiros em Alagoas**. 2011. 135 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – UFRPE, Recife, 2011.

SUMNER, M. E. Applications of Beaufils diagnostic indices to maize data published in the literature irrespective of age and conditions. **Plant and Soil**, v. 46, p. 359-369, 1977.

SUMNER, M. R.; BEAUFILS, E. R. Diagnosis of the N, P and K requirements of sugarcane irrespective of plant age and season using Beaufils system (DRIS): preliminary observations. **South Africa Sugar Technologists Association**, v. 49, p. 137-141, 1975.

URANO, E. O. M.; KURIHARA, C. H.; MAEDA, S.; VITORINO, A. C. T.; CONÇALVEZ, M. C.; MARCHETTI, M. E. Avaliação do estado nutricional da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 41, n. 9, p. 1421-1428, set. 2006.

URANO, E. O. M.; KURIHARA, C. H.; MAEDA, S.; VITORINO, A. C. T.; CONÇALVEZ, M. C.; MARCHETTI, M. E. Determinação de teores ótimos de nutrientes em soja pelos métodos chance matemática, sistema integrado de diagnose e recomendação e diagnose da composição nutricional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 31, p. 63-72, 2007.

VILLAR, P. M. FERREIRA, C. M. Dinâmicas territoriais do arroz de terras altas na região centro-oeste do Brasil. **Cadernos de Ciência e Tecnologia**, Brasília, DF, v. 22, n. 1, p. 97-107, 2005.

WADT, P. G. S. Relationships between soil class and nutritional status of coffee plantations. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 29, n. 1, p. 227-234, 2005.

WADT, P. G. S. **Diagnose Foliar e Recomendação de Adubação para Lavouras Comerciais**. Rio Branco: Embrapa, 2011 (Documento Técnico, 120)

WADT, P. G. S.; SILVA, L. M. da; CATANI, V. **Normas DRIS multivariadas para avaliação do estado nutricional de pimenta-longa**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2012. (Circular técnica, 60).

WALWORTH, J.; SUMNER, M. E. The diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). **Advances of Science Soil**, v. 6, p. 149-188, 1987.

ZAMBELLO JUNIOR, E. **Aplicação do sistema integrado de diagnose e recomendação para diferentes solos e épocas de amostragem foliar em soqueira de cana-de-açúcar**. 1980. 50 f. Dissertação (Mestrado em Química) – ESALQ, Piracicaba, 1980.