



**Universidade Federal do Tocantins  
Campus de Palmas  
Programa de Pós-Graduação em Agroenergia**

LAYANNI FERREIRA SODRE SANTOS

**DIVERGÊNCIA GENÉTICA E EFICIÊNCIA NO USO DO NITROGÊNIO  
POR GENÓTIPOS DE MILHO VISANDO A PRODUÇÃO DE ÓLEO E  
PROTEÍNA**

**PALMAS - TO  
2015**



**Universidade Federal do Tocantins  
Campus de Palmas  
Programa de Pós-Graduação em Agroenergia**

LAYANNI FERREIRA SODRE SANTOS

**DIVERGÊNCIA GENÉTICA E EFICIÊNCIA NO USO DO NITROGÊNIO  
POR GENÓTIPOS DE MILHO VISANDO A PRODUÇÃO DE ÓLEO E  
PROTEÍNA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agroenergia da Universidade Federal do Tocantins como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Agroenergia.

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Donizeti Ascêncio

Co-orientador: Prof. Dr. Joênes Mucci Peluzio

**PALMAS - TO  
2015**




Universidade Federal do Tocantins  
Campus de Palmas  
Programa de Pós-Graduação em Agroenergia

**DIVERGÊNCIA GENÉTICA E EFICIÊNCIA NO USO DO NITROGÊNIO  
POR GENÓTIPOS DE MILHO VISANDO A PRODUÇÃO DE ÓLEO E  
PROTEÍNA**

Aluno: LAYANNI FERREIRA SODRE SANTOS

APROVADO EM 14/09/2015

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Sérgio Donizeti Assêncio (Presidente - UFT)

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Joênes Muci Peluzio (Examinador Interno - UFT)

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Flavio Sérgio Afferri (Examinador Externo)

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Raimundo Wagner de Souza Aguiar (Examinador Externo)

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins**

---

S237d SANTOS, LAYANNI FERREIRA SODRE .  
DIVERGÊNCIA GENÉTICA E EFICIÊNCIA NO USO DO NITROGÊNIO  
POR GENÓTIPOS DE MILHO VISANDO A PRODUÇÃO DE ÓLEO E  
PROTEÍNA. / LAYANNI FERREIRA SODRE SANTOS. – Palmas, TO, 2015.

47 f.

Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade Federal do Tocantins  
– Câmpus Universitário de Palmas - Curso de Pós-Graduação (Mestrado) em  
Agroenergia, 2015.

Orientador: Sérgio Donizeti Ascêncio

Coorientador: Joênes Mucci Peluzio

1. Adubação nitrogenada. 2. Diversidade. 3. Eficiência. 4. Zea mays. I.  
Título

**CDD 333.7**

---

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer  
forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte.  
A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184  
do Código Penal.

**Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os  
dados fornecidos pelo(a) autor(a).**

## **DEDICATÓRIA E AGRADECIMENTO**

Agradeço em primeiro lugar a Deus pelo Dom da Vida, da sabedoria e da Paciência que em cada segundo da minha caminhada me tem concedido. Pela força que me tem dado para superar e ultrapassar as dificuldades da vida.

Aos meus pais, pela educação que me concederam na formação do meu caráter e por tudo que representam em minha vida, pela perseverança que me ensinaram a ter diante de qualquer dificuldade, por acreditarem que eu fosse capaz.

Às minhas irmãs Elayne e Giselle, por ter participado ativamente dessa vitória. Acreditando no meu sonho.

Ao meu esposo Weder Ferreira dos Santos, minha âncora, minha força, pelo companheirismo, paciência e carinho, pelo incentivo, dedicação e ensinamentos. Sem você ao meu lado tenho certeza que eu não teria alcançado tudo o que eu alcancei. Sempre esteve presente em todos os momentos que precisei.

Ao meu orientador prof. Dr. Sérgio Donizeti Ascêncio por acreditar que eu seria capaz de realizar esse trabalho, pela orientação, amizade, paciência, oportunidade, confiança e por todos os ensinamentos ao longo da realização deste trabalho.

Agradecimento especial ao Prof. Dr. Joênes Mucci Peluzio, pelas valiosas sugestões, tempo dedicado ao trabalho, sugestões de revistas, sugestões de artigos como modelo, colocou à disposição do trabalho equipamentos, reagentes, insumos agrícolas, estagiários, o Laboratório de Pesquisa Agropecuária. Pelos ensinamentos ao longo da realização deste trabalho.

Agradecimento especial ao Prof. Dr. Flávio Sérgio Afférri, pela disponibilidade de sementes de milho, sugestões valiosas nos artigos.

Ao Doutorando Edmar Vinícius de Carvalho pelas sugestões e contribuições no meu trabalho.

A todos colegas do grupo de pesquisa do Laboratório de Pesquisa e Produtos Naturais, Ilsamar Soares Mendes, Aline Aires, Fátima Ribeiro professora Poliana e Deny Alves por estarem sempre à disposição.

A Faculdade Católica do Tocantins pelas realizações das análises.

A Universidade Federal do Tocantins, pela oportunidade de estudo.

A Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Agroenergia e seu corpo docente, pela contribuição e responsabilidade pela minha formação.

Á CAPES pela concessão de bolsa de estudo.

Á todos que torceram por mim e pelo sucesso do meu trabalho e que por ventura não tiveram seus nomes citados aqui, Obrigada por tudo, pois saibam que todo apoio foi fundamental.

## RESUMO

Considerando a importância econômica da cultura do milho (*Zea mays* L.) para o Estado do Tocantins e da escassez de estudos sobre a eficiência da adubação nitrogenada na divergência genética e na composição química dos grãos, foi realizado o presente trabalho. Neste sentido, foram realizados dois ensaios de competição de genótipos de milho em Palmas-TO, no ano de 2014, sendo um sob condições de alto N (150 kg ha<sup>-1</sup> de N) e outro sob baixo N (0 kg ha<sup>-1</sup> de N) em cobertura no estágio V4, na forma de ureia. O delineamento experimental utilizado em cada ensaio foi de blocos ao acaso com três repetições e 18 tratamentos, sendo estes representados por 13 materiais de polinização aberta e cinco cultivares comerciais. As características estudadas foram os teores de óleo e proteína e os rendimentos de óleo, proteína e de grãos. A divergência genética, realizada para cada nível de adubação nitrogenada, foi obtida pelo método de otimização de Tocher. Para identificar os genótipos adequados aos ambientes, utilizou-se a metodologia proposta por FAGERIA & KLUTHCOUSKI (1980), que sugerem a classificação dos genótipos quanto à eficiência no uso e resposta a aplicação do Nitrogênio. Os níveis contrastantes de nitrogênio resultaram em comportamento diferencial dos genótipos. As características que mais contribuíram para dissimilaridade genéticas foram rendimento de grãos, rendimento de proteínas e rendimento de óleo. Os genótipos P24-M1 e P37-3, para baixo N, e P24-M1, para alto N, foram promissores para produção de energia. Os genótipos eficientes na absorção e utilização de nitrogênio através da metodologia específica para estresse mineral e responsivos ao incremento de nitrogênio foram P36-16, P32-11 e P24-M1.

**Palavras-chave:** adubação nitrogenada, diversidade, eficiência, *Zea mays*.

## ABSTRACT

Considering the economic importance of maize (*Zea mays* L.) for the State of Tocantins and the lack of studies on the effectiveness of nitrogen fertilization on genetic divergence and chemical composition of the grains, was carried out this work. In this regard, there were two corn genotypes competition tests in Palmas-TO, in 2014, one under high N ( $150 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ ) and another under low N ( $0 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ ) coverage in V4 stage in the form of urea. The experimental design used in each trial was a randomized block design with three replications and 18 treatments, which are represented by 13 open-pollinated materials and five commercial cultivars. The characteristics studied were the oil content and protein and oil yields, protein and grains. The genetic diversity held for each level of nitrogen fertilization was obtained by Tocher optimization method. To identify the genotypes suitable for environments, we used the methodology proposed by FAGERIA & KLUTHCOUSKI (1980), which suggests the classification of genotypes for use efficiency, and response to application of nitrogen. The contrasting nitrogen levels resulted in differential behavior of genotypes. The characteristics that most contributed to genetic dissimilarity were grain yield, protein yield and oil yield. The P24-M1 genotypes and P37-3, down N and P24-M1 to high N, are promising for energy production. Efficient genotypes in absorption and utilization of nitrogen through the specific methodology for mineral stress and responsive to nitrogen increment were P36-16, P32-11 and P24-M1.

**Keywords:** nitrogen fertilization, diversity, efficiency, *Zea mays*.



## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>11</b>
<b>2. DIVERGÊNCIA GENÉTICA EM MILHO PARA BAIXO E ALTO NITROGÊNIO VISANDO PRODUÇÃO DE ÓLEO E PROTEÍNA</b> .....	<b>14</b>
1.1 INTRODUÇÃO .....	15
1.2 MATERIAL E MÉTODOS .....	16
1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	18
1.4 CONCLUSÕES .....	24
1.5 REFERÊNCIAS .....	24
<b>3. EFICIÊNCIA E RESPOSTA AO USO DE NITROGÊNIO EM GENÓTIPOS DE MILHO VISANDO A PRODUÇÃO DE ÓLEO</b> .....	<b>28</b>
3.1 INTRODUÇÃO .....	29
3.2 MATERIAL E MÉTODOS .....	30
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	33
3.4 CONCLUSÕES .....	37
3.5 REFERÊNCIAS .....	37
<b>4. CONCLUSÕES</b> .....	<b>42</b>
<b>5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>43</b>

## LISTA DE TABELAS

<b>TABELA 1.</b> MÉDIA GERAL DAS CINCO CARACTERÍSTICAS, RENDIMENTOS DE GRÃOS (RG), TEOR DE PROTEÍNA (TP), RENDIMENTO DE PROTEÍNA (RP), TEOR DE ÓLEO (TO) E RENDIMENTO DE ÓLEO (RO), REFERENTES AOS DEZOITOS GENÓTIPOS DE MILHO AVALIADOS NA SAFRA 2014/15 .....	18
<b>TABELA 2.</b> DISSIMILARIDADE ENTRE 18 GENÓTIPOS DE MILHO EM RELAÇÃO ÀS CARACTERÍSTICAS, COM BASE NA DISTÂNCIA GENERALIZADA DE MAHALANOBIS ( $D^2_{ii'}$ ), SOB ALTO N (ACIMA DA DIAGONAL) E BAIXO N (ABAIXO DA DIAGONAL), NA SAFRA 2014/15 NO TOCANTINS.....	21
<b>TABELA 3.</b> AGRUPAMENTO PELO MÉTODO DE TOCHER, COM BASE NA DISSIMILARIDADE EXPRESSA PELA DISTÂNCIA GENERALIZADA DE MAHALANOBIS DE 18 GENÓTIPOS DE MILHO, PARA BAIXO NITROGÊNIO E ALTO NITROGÊNIO, NA SAFRA 2014/2015, PALMAS-TO .....	22
<b>TABELA 4.</b> CONTRIBUIÇÃO RELATIVA DAS CINCO CARACTERÍSTICAS PARA O PROCESSO DE DISSIMILARIDADE GENÉTICA DOS DEZOITOS GENÓTIPOS DE MILHO .....	23
<b>TABELA 5.</b> RESULTADO DA ANÁLISE DO SOLO ANTES DA IMPLANTAÇÃO DO EXPERIMENTO. ....	30
<b>TABELA 6.</b> RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA CONJUNTA PARA RENDIMENTO DE ÓLEO (RO), E PARA A EFICIÊNCIA E RESPOSTA, DE 18 GENÓTIPOS DE MILHO, CULTIVADAS EM DOIS ENSAIOS (DIFERENTES NÍVEIS DE NITROGÊNIO), NA SAFRA 2014/2015, PALMAS-TO .....	33
<b>TABELA 7.</b> MÉDIAS DE RENDIMENTO DE ÓLEO ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) EM 18 GENÓTIPOS DE MILHO CULTIVADOS DOIS NÍVEIS DE N NA SAFRA 2014/2015, PALMAS-TO .....	34

## LISTA DE FIGURA

<b>FIGURA 1.</b> EFICIÊNCIA NO USO E RESPOSTA À APLICAÇÃO DE NITROGÊNIO EM GENÓTIPOS DE MILHO, PELA METODOLOGIA DE FAGERIA & KLUTHCOUSKI (1980).....	35
--	----

## 1. INTRODUÇÃO

Os biocombustíveis são combustíveis líquidos ou gasosos, produzidos a partir da biomassa. Existem uma série de biocombustíveis líquidos com potencial de utilização, todos com origem em culturas energéticas (milho, soja, batata-doce, cana e etc.), em que os mais comuns são o Biodiesel e o Bioetanol. O primeiro é obtido a partir de óleos orgânicos e o segundo é produzido a partir da fermentação de hidratos de carbono (açúcar, amido, celulose) (PORTAL ENERGIA, 2012). A extensão continental e com excelentes condições edafoclimáticas, o Brasil é visto com um enorme potencial para a produção de biomassa para finalidades químicas, energéticas e alimentares (LIMA, 2005).

O milho (*Zea mays*) é um dos cereais mais importantes cultivados e consumidos no mundo devido ao seu potencial produtivo, composição química e valor nutritivo (GASOLA et al., 2014), sendo utilizado na alimentação humana e animal. O milho se destaca entre as culturas de interesse econômico para o Brasil e assume relevante papel socioeconômico por se constituir em matéria-prima impulsionadora de diversos complexos agroindustriais (ALBUQUERQUE et al., 2013).

No Estado do Tocantins, o milho apresenta produtividade média de 4.821, que é inferior à média nacional 5.181 (CONAB, 2015) devido, dentre outros fatores, falta de programa de melhoramento de milho regional (COIMBRA et al., 2010; DOTTO et al., 2010; SANTOS et al., 2010; CARVALHO et al., 2011; ROTILI et al., 2012; SILVA et al., 2015), a deficiências na disponibilidade e na utilização de nutrientes, especialmente do N (SOARES et al., 2011; KAPPES et al., 2013; SILVA et al., 2015).

Segundo CASTIGLIONI et al., (2004), o Estado do Tocantins desponta no cenário agrícola nacional, em consequência do grande potencial para a produção de grãos. Para PELÚZIO et al., (2006) e REINA (2011), este aumento sobrevivendo nos últimos anos, ocorre devido à abundância de recursos hídricos, às condições edafoclimáticas favoráveis, à localização estratégica da BR 153 e a implantação da Ferrovia Norte-Sul e da Hidrovia Tocantins-Araguaia.

O peso individual do grão de milho varia, em média, de 250 a 300mg e sua composição média (em base seca) é 72% de amido, 9,5% proteínas, 9% fibra bruta e 4% de óleo. O gérmen representa 11% do grão de milho e concentra quase a totalidade de óleo (83%); o endosperma representa 82% do grão de milho e

concentra apenas 15% de óleo; o pericarpo e a ponta representam 5% e 2% do grão de milho, respectivamente, e concentram 1,3% e 0,8 % de óleo. Cerca de 9,5% de proteínas compõem o grão de milho, estando proteínas distribuídas no endosperma (8,5%), embrião (18,5%), pericarpo (5%) e ponta do grão (9%) (EMBRAPA, 2006), a soma desses valores proporciona o valor médio de proteína, podendo variar com o tipo de grão, grau de germinação, fertilidade do solo e condições climáticas; a proteína pode, ainda, ser alterada por genes mutantes (GONÇALVES et al., 2003).

O nitrogênio (N) é o nutriente mais exigido pelo milho, sendo responsável pelo desenvolvimento vegetativo e pelo metabolismo vegetal (CARDOSO & SOBRINHO, 2007). Entretanto, em virtude da baixa disponibilidade de N nos solos tropicais, aliado à baixa eficiência no uso de N (EUN) pelos genótipos, o N é aplicado em grandes quantidades no solo via formulações químicas, gerando prejuízos econômicos e ambientais (SANTOS et al., 2015). Assim, é de extrema importância a otimização da EUN nas espécies cultivadas para uma produção agrícola mais sustentável, com vistas a redução de problemas ambientais e de custos de produção (FRITSCHÉ-NETO & BORÉM, 2011).

A seleção de genótipos para ambientes pobres em N e o estudo da divergência genética tem sido objetos de estudos (CANCELLIER et al., 2011; HEINZ et al., 2012; SANTOS et al., 2014). Entretanto, são escassos os estudos sobre eficiência dos genótipos para a característica teor de óleo e proteína, rendimento de óleo, proteína e grãos, sob diferentes níveis de N no solo, no Estado do Tocantins.

FAGERIA & KLUTHCOUSKI (1980) e FAGERIA & BALIGAR (1993) desenvolveram metodologia específica para estresse mineral aplicáveis ao melhoramento de plantas, para a seleção de plantas eficientes quanto ao uso dos nutrientes e responsivas à sua aplicação (FAGERIA et al., 2007). Por esta metodologia, a eficiência corresponde à média de rendimento de óleo de cada genótipo em baixo N. Já a resposta a aplicação do nutriente, para cada genótipo, é oriunda da diferença de rendimento nos dois níveis de nitrogênio (Alto N e baixo N) dividido pelo diferença entre os níveis de N utilizados em cobertura.

O primeiro objetivo no capítulo 1, foi realizado com o intuito de se estudar a divergência genética em genótipos de milho, na região Central do Estado do Tocantins, em dois ambientes distintos de fornecimento de nitrogênio, para a composição química dos grãos e rendimento, com vistas a identificar aqueles genótipos superiores para futuros cruzamentos.

Já o segundo objetivo no capítulo 2, foi realizado com o intuito de identificar genótipos de milho produtivos e eficientes na absorção e utilização de nitrogênio, para a característica rendimento de óleo, sob condições de baixa latitude no Estado do Tocantins.

## **2. DIVERGÊNCIA GENÉTICA EM MILHO PARA BAIXO E ALTO NITROGÊNIO VISANDO PRODUÇÃO DE ÓLEO E PROTEÍNA**

### **RESUMO**

Considerando a importância econômica da cultura do milho (*Zea mays* L.) para o Estado do Tocantins e da escassez de estudos sobre o efeito da adubação nitrogenada na divergência genética e na composição química dos grãos, foi realizado o presente trabalho. Neste sentido, foram realizados dois ensaios de competição de genótipos de milho em Palmas-TO, no ano de 2014, sendo um sob condições de alto N (150 kg ha<sup>-1</sup> de N) e outro sob baixo N (0 kg ha<sup>-1</sup> de N) em cobertura no estágio V4, na forma de uréia. O delineamento experimental utilizado em cada ensaio foi de blocos ao acaso com três repetições e 18 tratamentos, sendo estes representados por 13 materiais de polinização aberta e cinco cultivares comerciais. As características estudadas foram os teores de óleo e proteína e os rendimentos de óleo, proteína e de grãos. A divergência genética, realizada para cada nível de adubação nitrogenada, foi obtida pelo método de otimização de Tocher. Os níveis contrastantes de nitrogênio resultaram em comportamento diferencial dos genótipos. As características que mais contribuíram para dissimilaridade genéticas foram rendimento de grãos, rendimento de proteínas e rendimento de óleo. Os genótipos P24-M1 e P37-3, para baixo N, e P24-M1, para alto N, são promissores para produção de energia.

**PALAVRAS-CHAVE:** adubação nitrogenada, diversidade, *Zea mays*.

### **GENETIC DIVERGENCE IN MAIZE UNDER LOW AND HIGH NITROGEN FOR PROTEIN AND OIL PRODUCTION**

#### **ABSTRACT**

This work was carried out because of the economic importance of maize (*Zea mays* L.) for the State of Tocantins and there were little study about the effect of nitrogen fertilization on genetic divergence and grain chemical composition. In this sense, there were conducted two field experiments of maize genotypes competition at Palmas-TO, in 2014. One field experiment was performed under high nitrogen (150 kg N ha<sup>-1</sup>) and the other under low N (0 kg N ha<sup>-1</sup>) in coverage. The experimental design was randomized blocks with three replications and 18 treatments (13 open-

pollinated and five commercial varieties). The following traits were evaluate: protein and oil contents and; oil, protein and grain yield. The genetic divergence was done in each nitrogen level by the following methods: Tocher. There was genetic variability among the genotypes tested. The highest genetic divergence was observed between P24-M1xUFT 5 (132,65) and UFT 4xP36-16 (328,66) under high e low N, respectively, and this can be result in heterotic gains. The Tocher optimization methods were generally similarly for the discriminated groups of genotypes with high similarity. The traitthat most contributes to genetic dissimilarity among the 18 genotypes was grain yield.

**KEY WORDS:** nutrition nitrogen, diversity, *Zea mays*.

### 1.1 Introdução

O milho é cultivado em todo o Brasil, tanto na agricultura familiar quanto nas grandes empresas agropecuárias (GALVÃO & MIRANDA, 2011) é um dos cereais mais cultivados e consumidos no mundo, tendo importância social, econômica, nutricional e agroindustrial (GALVÃO & MIRANDA, 2011; FANCELLI & DOURADO NETO, 2004).

No Estado do Tocantins, a produtividade do milho é baixa, em função das altas temperaturas, principalmente noturnas, do baixo nível tecnológico dos produtores e da insuficiência de sementes melhoradas ou de variedades adaptadas às condições de estresses abióticos (SANTOS et al., 2010; CANCELLIER et al., 2011).

O nitrogênio (N), nutriente de alta demanda pela cultura do milho, exerce importante papel nos processos bioquímicos da planta, uma vez que é constituinte de proteínas, enzimas, coenzimas, ácidos nucleicos, fitocromos e clorofila (FARINELLI & LEMOS, 2012), que atuam no processo fotossintética e de absorção de nutrientes e água do solo, refletindo, em última instância, na produtividade de grãos (GALVÃO & MIRANDA, 2011).

A seleção de genótipos para ambientes pobres em N e o estudo da divergência genética tem sido objetos de estudos (CANCELLIER et al., 2011; HEINZ et al., 2012; SANTOS et al., 2014a; SANTOS et al., 2015a). Entretanto, são escassos os estudos sobre eficiência dos genótipos para a característica teor de óleo e proteína, rendimento de óleo, proteína e grãos, sob diferentes níveis de N no solo, no Estado do Tocantins.



O conhecimento da divergência genética fornece parâmetros para escolha de genitores que, ao serem cruzados, possibilitam maior efeito heterótico na progênie, aumentando as chances de obtenção de genótipos superiores em gerações segregantes (ROTILI et al., 2012).

A utilização de técnicas multivariadas para estimar a divergência tem se tornado comum e é empregada em trabalhos com a cultura do milho (DOTTO et al., 2010; COIMBRA et al., 2010; RIOS et al., 2010; SIMON et al., 2012; CARVALHO et al., 2011; ROTILI et al., 2012; SANTOS et al., 2014a; SANTOS et al., 2015a).

Dentre os procedimentos multivariados, o método de otimização de Tocher, tem sido frequentemente utilizado na definição de estratégias de trabalhos de melhoramento envolvendo genótipos de milho (GUEDES et al., 2013).

Assim, o presente trabalho foi realizado com o intuito de se estudar a divergência genética em genótipos de milho, na região Central do Estado do Tocantins, em dois ambientes distintos de fornecimento de nitrogênio, para a composição química dos grãos e rendimento, com vistas a identificar aqueles genótipos superiores para futuros cruzamentos.

## **1.2 Material e Métodos**

Os ensaios de competição de genótipos de milho foram realizados no Centro Agrotecnológico da Universidade Federal do Tocantins (UFT), Campus de Palmas (220 m, 10°45' S, 47°14' O), em solo do tipo Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, sendo um ensaio instalado sob condições de alto nitrogênio (150 kg ha<sup>-1</sup> de N) e um sob baixo nitrogênio (0 kg ha<sup>-1</sup> de N). Os ensaios foram implantados em 10 de dezembro de 2014.

O delineamento experimental utilizado, em cada ensaio, foi de blocos ao acaso com 18 tratamentos e três repetições. Os tratamentos foram constituídos de 18 genótipos, sendo 13 de polinização aberta (P40-8, P36-19, P29-M12, P32-11, P36-16, P28-2B, P37-3, P24-M1, P29-M5 UFT 1, UFT 5, UFT 7, UFT 4), oriundos de programas de melhoramento genético da Universidade Federal do Tocantins – UFT, e cinco comerciais, sendo quatro híbridos duplos (AG 1051, BR 205, BRAS 3010 e ORION) e um variedade (AL Bandeirante).

A parcela experimental utilizada foi composta por quatro linhas de cinco metros de comprimento, espaçadas de 0,90m entre as linhas. Na colheita, foram

utilizadas as duas linhas centrais de cada fileira, descartando-se 0,50m das extremidades das fileiras.

Foram realizadas as operações de aração, gradagem e sulcamento. O plantio das sementes e a adubação no sulco de semeadura foram efetuadas manualmente. A adubação de pré-plantio foi realizada utilizando 300 kg ha<sup>-1</sup> da formulação 5-25-15+0,5% Zn, para todos os ensaios, após prévia análise de solo, sendo os demais tratos culturais efetuados assim que se fizeram necessários conforme exigência da cultura.

As adubações nitrogenadas (N) utilizadas, em cobertura, foram de 0 e 150 kg ha<sup>-1</sup>, proporcionando totais de 15 e 165 kg ha<sup>-1</sup> de N, para os ambientes de baixo e alto N, respectivamente, sendo as mesmas realizadas no estágio V4 (quatro folhas completamente abertas), tendo como fonte de N a uréia. As doses utilizadas para os ambientes de baixo e alto N correspondem à menor e maior produtividade de grãos esperadas para a cultura do milho, conforme preconizado por RIBEIRO et al. (1999).

Nas duas fileiras centrais, de cada parcela experimental, foram colhidas todas as espigas, quando as plantas atingiram o estágio R6 (maturidade fisiológica). Em seguida, as espigas foram trilhadas e os grãos de cada parcela foram acondicionadas em um único saco de papel, o qual foi identificado por genótipo, e transportado para o Laboratório de Pesquisa em Produtos Naturais-LPPN da Universidade Federal do Tocantins - Campus de Palmas.

No laboratório, de cada parcela, foram obtidas as seguintes características: 1) teor de óleo (%), obtido após moagem dos grãos, pelo método de Soxhlet, segundo IAL (2005); 2) teor de proteína (%), obtido após moagem dos grãos, pelo método de Kjeldahl (AOAC, 1995), para determinação do nitrogênio total com conversão para proteína bruta por meio do fator 6,25 (VILLEGAS et al., 1985); 3) rendimento de grãos (massa de grãos de cada parcela corrigida para 13% de umidade e transformada em kg ha<sup>-1</sup>); 4) rendimento de óleo (kg ha<sup>-1</sup>), oriunda do produto do rendimento de grãos pelo teor de óleo e; 5) rendimento de proteína (kg ha<sup>-1</sup>), oriunda do produto do rendimento de grãos pelo teor de proteína.

Após serem tabulados, os dados foram submetidos ao teste de normalidade. Em seguida, foi realizada análise de variância de cada ensaio (nível de adubação) e, posteriormente, análise conjunta seguindo o critério da homogeneidade dos quadrados médios residuais dos ensaios.

Como em estudos de divergência genética são selecionados os parentais com maiores médias em relação às características que se deseja melhorar, objetivando, desse modo, a máxima concentração de alelos favoráveis, conforme os objetivos da seleção (CRUZ et al., 2011), foi realizado o teste de SCOTT & KNOTT (1974), ao nível de 5% de significância utilizando a média geral de cada genótipo.

Para cada ensaio, foi realizado o estudo da divergência genética, sendo utilizada a distância generalizada de Mahalanobis ( $D^2$ ), que leva em consideração as correlações entre as características analisadas, por meio da matriz de covariâncias residuais como medida de dissimilaridade. Posteriormente, foi utilizado o método de agrupamento de otimização de Tocher (RAO, 1952), que identifica o par mais similar dentro da matriz de dissimilaridade, isto é, aquele com menor estimativa de distância.

Para quantificar a contribuição relativa das características avaliadas na divergência genética, foi utilizado o critério de SINGH (1981).

As análises estatísticas foram realizadas utilizando o programa Computacional Genes, versão 2007 (CRUZ, 2007).

### 1.3 Resultados e Discussão

A análise de variância conjunta (Tabela 1) apresentou efeito significativo para os ensaios, a 5% de significância, para todas as características. Para os genótipos e para a interação genótipos x ensaios, não foi detectada significância apenas para o teor de óleo (TO).

A significância dos genótipos indica a existência de variabilidade genética e a interação genótipos x ensaios revela a importância da realização de estudos de dissimilaridade genética utilizando ensaios diferentes. Outros autores, também, observaram efeitos significativos entre genótipos de milho e interação com ambiente quanto ao rendimento de proteína (SANTOS et al., 2014a); teor de óleo (SANTOS et al., 2014b; 2015a) e rendimento de grãos (CANCELLIER et al., 2011).

Os coeficientes de variação (CV) indicam boa precisão na condução dos experimentos. Segundo classificação proposta por PIMENTEL-GOMES (2009), o CV é classificado como baixo quando menor do que 10%.

**TABELA 1.** Média geral das características, rendimentos de grãos (RG), teor de proteína (TP), rendimento de proteína (RP), teor de óleo (TO) e

rendimento de óleo (RO), referentes aos dezoito genótipos de milho avaliados na safra 2014/15.

Genótipos	RG (kg ha <sup>-1</sup> )	TP (%)	RP (kg ha <sup>-1</sup> )	TO (%)	RO (kg ha <sup>-1</sup> )
P24-M1	5887 a	10,8 a	639 a	4,05 a	238 a
P28-2B	5392 b	9,0 e	502 d	3,98 a	215 b
P29-M12	4556 c	9,7 c	441 e	3,95 a	180 d
P29-M5	5772 a	9,4 d	546 c	3,99 a	230 a
P32-11	5385 b	8,3 f	451 e	3,95 a	213 c
P36-16	5267 b	10,7 a	566 b	3,90 a	205 c
P36-19	3857 d	8,9 e	346 f	3,89 a	150 e
P37-3	5748 a	10,4 b	596 b	3,84 a	221 b
P40-8	4579 c	8,5 f	389 f	3,81 a	175 d
UFT 1	5824 a	8,4 f	487 d	4,01 a	234 a
UFT 4	4907 c	8,4 f	419 e	4,01 a	196 c
UFT 5	4888 c	7,5 g	366 f	3,99 a	195 c
UFT 7	5226 b	8,8 e	459 e	3,95 a	206 c
AG 1051	5581 a	9,0 e	513 d	3,93 a	221 b
AL BANDEIRANTE	4125 d	8,7 e	365 f	3,85 a	159 e
BR 205	4077 d	8,4 f	346 f	4,06 a	166 e
BRAS 3010	4905 c	8,8 e	433 e	3,67 a	180 d
ORION	5592 a	9,3 d	525 c	3,90 a	218 b
Nitrogênio em cobertura (kg ha <sup>-1</sup> )					
0	4563 b	9,3 b	380 b	3,92 a	179 b
150	5611 a	9,8 a	553 a	3,94 a	221 a
Genótipo	*	*	*	ns	*
Ensaio	*	*	*	*	*
Interação	*	*	*	ns	*
Média	5087	9,5	466	3,93	200
CV %	6,5	3,5	6,8	4,3	7,3

Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas, pertencem a um mesmo grupo, de acordo com o critério de agrupamento de SCOTT & KNOTT (1974), a 5% de significância. \* e ns: significativo e não significativo pelo teste F a 5% de significância.

Com relação ao rendimento de grãos (RG) (Tabela 1), seis genótipos apresentam-se no grupo de produtividades superiores (P24-M1, UFT-1, P29-M5, P37-3, ORION e AG 1051). No grupo com as menores médias, encontram-se três genótipos, cujas médias variaram de 4.125 kg ha<sup>-1</sup> (AL BANDEIRANTE) a 3.857 kg ha<sup>-1</sup> (P36-19). O ensaio sob alto N apresentou média geral 23% superior ao ensaio sob baixo N, com média de 5.611 e 4.563 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. CANCELLIER et al. (2011) avaliando genótipos de milho observou 23,6% de aumento de produtividade no ambiente de alto N.

Os teores de proteína (Tabela 1), variaram de 7,5% (UFT-5) a 10,8% (P24-M1), sendo os genótipos P24-M1 (10,8%) e P36-16 (10,7%) com as maiores médias, seguidos por P37-3 (10,4%). O menor conteúdo proteico foi UFT 5 (7,5%). Esses

valores médios se assemelham aos encontrados por (CASTRO et al., 2009) com 8,05 e 9,21% no grão de milho no Estado de Goiás.

Os rendimentos de proteína (Tabela 1) variaram de 380 kg ha<sup>-1</sup> para BN e 553 kg ha<sup>-1</sup> para AN, com a média geral de 466 kg ha<sup>-1</sup>, sendo os maiores valores de 639 kg ha<sup>-1</sup>, 596 kg ha<sup>-1</sup>, e 566 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, para os genótipos P24-M1, P37-3 e P36-16. O menor rendimento foi de 346 kg ha<sup>-1</sup> para P36-19 e BR 205. SANTOS et al. (2014b) encontrou rendimentos de proteína entre 619 a 340 kg ha<sup>-1</sup>, em 10 populações de milho, sob alto e baixo nitrogênio no Estado do Tocantins.

Os teores de óleo (Tabela 1) variaram de 3,67% (BRAS 3010) a 4,06% (BR 205) (Tabela 1). DUARTE et al. (2008), trabalhando com híbridos, encontrou a variação de 3,8% a 6,0% no teor de óleo nos grãos. SANTOS et al. (2014a) encontrou teores de óleo de 3,9% a 6,7% em 10 populações de milho para duas épocas de plantio no Estado do Tocantins. SANTOS et al. (2015b), trabalhando com 12 genótipos, em ensaios de alto, médio e baixo N, em duas épocas de plantio, encontram-se os teores de óleo variaram de 3,5% a 6,6%, estando dentro da faixa encontrada na literatura.

Para a característica rendimento de óleo (RO) (Tabela 1), foram formados cinco grupos de médias, onde o grupo com a maior média foi composto por P24-M1 (238 kg ha<sup>-1</sup>), P29-M5 (230 kg ha<sup>-1</sup>) e UFT-1 (234 kg ha<sup>-1</sup>). O grupo com a menor média foi e P36-19 (150 kg ha<sup>-1</sup>), AL BANDEIRANTE (159 kg ha<sup>-1</sup>) e BR 205 (166 kg ha<sup>-1</sup>). SANTOS et al. (2015a) encontrou rendimentos de óleo entre 288 a 164 kg ha<sup>-1</sup>, em 10 populações sob quatro experimentos de milho no Município de Palmas, Estado do Tocantins.

As medidas de dissimilaridade genética, estimadas a partir da distância de Mahalanobis (Tabela 2), apresentaram elevada magnitude tanto para alto nitrogênio (0,4 a 132,7) quanto para baixo nitrogênio (0,9 a 328,7), e sugerem presença de variabilidade genética entre os genótipos avaliados.

Sob alto N (Tabela 2), a combinação P24-M1 e UFT 5 foi a mais divergente ( $D^2 = 132,7$ ), seguida pela combinação P29-M12 e P24-M1 ( $D^2 = 110,0$ ). A menor distância foi observada pelos genótipos UFT 1 e UFT 4 ( $D^2 = 0,4$ ), seguida pelo par P36-19 e AL BANDEIRANTE ( $D^2 = 0,6$ ). Em baixo N, o par UFT 4 e P36-16 foi o mais divergente ( $D^2 = 328,7$ ), seguido pela combinação UFT 5 com P36-16 ( $D^2 = 322,5$ ), UFT 5 com P24-M1 ( $D^2 = 294,3$ ), e UFT 1 com P24-M1 ( $D^2 = 280,34$ ). Já a

menor distância na dose de BN foi obtida entre os genótipos UFT 4 e UFT 5 ( $D^2 = 0,9$ ), seguida pelo par UFT 7 e ORION ( $D^2 = 1,6$ ).

**TABELA 2.** Dissimilaridade entre 18 genótipos de milho em relação às características, com base na distância generalizada de Mahalanobis ( $D^2_{ii'}$ ), sob alto N (acima da diagonal) e baixo N (abaixo da diagonal), na safra 2014/15 no Tocantins.

GEN.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1		2,6	1,6	2,3	24,5	47,5	53,0	12,92	15,3
2	21,7		4,3	0,6	24,5	32,5	59,6	9,51	19,1
3	12,7	24,6		3,6	28,0	47,4	57,8	21,71	19,0
4	8,4	7,9	10,2		19,1	29,6	49,9	9,58	13,9
5	25,0	57,5	58,6	52,6		33,6	13,9	19,73	12,9
6	11,4	24,3	34,9	24,6	7,2		67,5	37,08	38,6
7	8,8	11,2	25,4	13,4	18,3	2,6		46,36	17,7
8	6,4	42,9	27,4	28,6	13,3	10,9	15,3		16,9
9	8,9	51,0	24,5	29,9	25,5	23,2	29,5	5,07	
10	179,5	145,3	229,4	187,8	109,4	105,5	114,4	177,36	223,9
11	5,7	41,3	11,7	21,2	31,0	22,9	22,8	6,04	3,0
12	69,3	107,5	112,2	105,3	15,4	33,6	52,1	51,01	74,6
13	174,3	168,2	220,8	189,2	99,7	109,5	124,4	173,36	208,3
14	38,3	72,1	76,5	67,1	3,4	15,1	28,7	27,05	38,7
15	85,1	144,2	136,1	130,8	63,3	81,1	97,3	57,73	50,9
16	25,9	78,8	26,0	44,6	66,4	60,4	60,1	25,96	10,7
17	20,5	44,0	50,7	41,5	1,6	3,8	11,8	14,54	25,3
18	29,5	81,0	24,5	46,4	71,4	64,8	63,9	31,27	14,1
GEN.	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	47,5	46,6	64,5	92,5	28,4	9,7	8,4	4,7	8,4
2	43,5	49,3	57,6	94,9	29,1	9,0	17,5	6,8	8,6
3	50,2	50,1	68,5	95,1	31,2	11,9	9,7	7,4	12,0
4	37,6	41,9	52,0	87,3	23,1	5,4	16,1	3,8	5,3
5	6,0	7,3	14,0	34,4	0,8	5,7	46,7	12,8	5,8
6	39,2	60,7	45,2	110,0	38,5	24,6	76,1	34,2	28,4
7	24,7	8,2	36,6	41,8	10,7	23,7	63,1	30,0	24,1
8	37,3	40,1	47,4	85,1	24,6	10,9	30,2	10,2	8,1
9	35,6	26,6	52,1	80,2	14,6	4,9	18,7	3,3	4,7
10		8,2	2,0	19,3	5,6	20,2	82,7	34,2	21,4
11	223,7		15,5	15,9	3,6	20,5	70,1	30,9	21,3
12	78,0	79,5		19,6	13,9	32,7	107,4	50,1	33,7
13	28,8	210,2	55,2		28,3	62,3	132,7	80,1	63,0
14	98,6	46,7	10,3	76,2		7,7	50,4	15,7	8,4
15	274,0	75,8	119,1	280,3	74,8		24,4	2,2	0,4
16	322,5	9,8	130,1	294,3	84,7	81,5		12,3	22,6
17	102,0	29,6	20,1	92,7	3,9	70,3	66,1		1,7
18	328,7	11,8	135,0	295,2	88,6	91,8	0,9	70,0	

GEN-Genótipo. 1-P40-8; 2-P36-19; 3-BR 205; 4-AL BANDEIRANTE; 5-ORION; 6-P29-M12; 7-AG 1051; 8-BRAS 3010; 9-P32-11; 10-P36-16; 11-P28-2B; 12-P37-3; 13-P24-M1; 14-P29-M5; 15-UFT 1; 16-UFT 5; 17-UFT 7; e 18-UFT 4.

A menor distância entre UFT 1 e UFT 4 (Tabela 2), em AN, e entre os genótipos UFT 4 e UFT 5, em BN, ocorreu, provavelmente, em virtude dos genótipos dessas combinações serem oriundos de germoplasmas muito próximos. Em programas de melhoramento, deve-se evitar a hibridação entre genótipos com

menor distância genética, ou seja, mais similares, uma vez que diminuiria o sucesso de híbridos com características desejáveis (SIMON et al., 2012).

A análise de agrupamento pelo método de otimização de Tocher proporcionou a formação de quatro grupos de genótipos, em ambos os níveis de N, mas com diferentes constituições (Tabela 3).

**TABELA 3.** Agrupamento pelo método de Tocher, com base na dissimilaridade expressa pela distância generalizada de Mahalanobis de 18 genótipos de milho, para baixo nitrogênio e alto nitrogênio, na safra 2014/2015, Palmas-TO.

Grupos	Baixo Nitrogênio (BN)	% de genótipos	Alto Nitrogênio (AN)	% de genótipos
I	UFT 5, UFT 4, P28-2B, P32-11, BRAS 3010, P40-8, BR 205, AL BANDEIRANTE, AG 1051, P29-M12, UFT 7, ORION, P36-19, P29-M5	77	UFT1, UFT 4, UFT 5, UFT 7, P32-11, AL BANDEIRANTE, P40-8, P36-19, BR 205, BRAS 3010, ORION, P29-M5	66
II	P36-16 e P24-M1	11	P36-16, P37-3, P28-2B e P24-M1	22
III	P37-3	6	AG 1051	6
IV	UFT 1	6	P29-M12	6
Total		100		100

Em baixo N, foi formado um grande grupo constituído por quatorze genótipos (77% dos genótipos), um grupo com dois genótipos (P36-16 e P24-M1) e dois grupos constituídos por apenas um genótipo (P37-3 e UFT-1, respectivamente). Sob alto N, o maior grupo incluiu doze genótipos (66% dos genótipos), o segundo quatro genótipos (P36-16, P37-3, P28-2B e P24-M1) e o terceiro e quarto grupos apenas um genótipo (AG 1051 e P29-M12, respectivamente). Segundo CRUZ et al. (2011) grupos formados por apenas um genótipo apontam na direção de que o mesmo seja mais divergente em relação aos demais.

Ressalta-se que os genótipos que constituíram os pares mais divergentes (Tabela 2), com base na matriz de distâncias de Mahalanobis, foram alocados em grupos distintos pelo método de otimização de Tocher (Tabela 3). Os genótipos UFT 5, UFT 4, P32-11, BRAS 3010, P40-8, P36-19, ORION e P29-M5 foram alocados no mesmo grupo tanto na dose de BN quanto na dose AN, bem como os genótipos P36-16 e P24-M1.

As diferenças apresentadas quanto à composição dos grupos, (Tabela 3) entre as doses de N, pode ser explicada pela expressão ou não expressão dos alelos favoráveis presentes nos genótipos, que resultam em uma melhor absorção e aproveitamento do N no desenvolvimento da planta. Segundo GALLAIS & HIREL (2004), os alelos responsáveis para o controle genético da eficiência de N são expressos de acordo com o grau de disponibilidade do mesmo.

Estes resultados estão em concordância com aqueles obtidos por BUENO et al. (2009) e SILVA et al. (2015) que também verificaram comportamento diferencial de genótipos de milho quando submetidos à níveis contrastantes de nitrogênio.

As estimativas da contribuição relativa das cinco características avaliadas na dissimilaridade genética dos 18 genótipos estudados, para alto e baixo N, são apresentadas na Tabela 4. A característica que mais contribuiu para divergência na condição de BN, foi a produtividade de grãos (34,46), seguida pelo teor de proteína (29,21). A característica que apresentou a menor contribuição foi teor de óleo (0,20). Já na condição de AN, a que mais contribuiu foi a rendimento de proteína (43,36), seguida pela produtividade de grão (35,29). Por outro lado, a característica que menos contribuiu foi o teor de proteína (0,43).

**TABELA 4.** Contribuição relativa das cinco características para o processo de dissimilaridade genética dos dezoito genótipos de milho.

Característica	Baixo N	Alto N
Rendimentos de grãos (kg ha <sup>-1</sup> )	34,46	35,29
Teor de proteína (%)	29,21	0,43
Rendimento de proteína (kg ha <sup>-1</sup> )	23,06	43,36
Teor de óleo (%)	0,20	3,28
Rendimento de óleo (kg ha <sup>-1</sup> )	13,07	17,64

As características que mais contribuíram para a explicação da divergência genética entre os genótipos, tanto na dose de AN quanto na dose de BN foram rendimento de grãos, rendimento de proteína e rendimento de óleo.

A análise de comparação de médias (Tabela 1), juntamente com o agrupamento estabelecido pelo método de Tocher (Tabela 3), permitiu identificar como potencialmente promissores os genótipos P24-M1 x P37-3 e P36-16 x P37-3, para baixo N, e P24-M1 x P29-M5 para alto N, para produção de energia.



#### 1.4 Conclusões

Os níveis contrastantes de nitrogênio resultaram em comportamento diferencial dos genótipos.

As características que mais contribuíram para dissimilaridade genéticas foram rendimento de grãos, rendimento de proteínas e rendimento de óleo.

Os genótipos P24-M1 x P37-3 e P36-16 x P37-3, para baixo N, e P24-M1 x P29-M5, para alto N, são promissores para produção de energia.

#### 1.5 Referências

AOAC – Association of Official Analytical Chemists. Vitamins and other nutrients. Cap. 45, p. 58-61. In AOAC. **Official methods of analysis**. 16. ed. Arlington: AOAC International, 1995.

BUENO, L.G.; CHAVES, L.J.; OLIVEIRA, J.P.; BRASIL, E.M.; REIS, A.J.S.; ASSUNÇÃO, A.; PEREIRA, A.F.; RAMOS, M.R. Controle genético do teor proteico nos grãos e de caracteres agronômicos em milho cultivado com diferentes níveis de adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, n.6, p.590-598, 2009.

CANCELLIER, L.L.; AFFÉRI, F.S.; CARVALHO, E.V.; DOTTO, M.A.; LEÃO, F.F. Eficiência no uso de nitrogênio e correlação fenotípica em populações tropicais de milho no Tocantins. **Revista Ciência Agronômica**, v.42, p.139-148, 2011.

CARVALHO, E.V.; AFFÉRI, F.S.; PELUZIO, J.M.; DOTTO, M.A.; CAPPELLESSO, R.B.; MELO, A.V. Desempenho agronômico e divergência genética na seleção de linhagens S<sub>5</sub> de milho. **Bioscience Journal**, v.27, n.5, p.794-797, 2011.

CASTRO, M.V.L.; NAVES, M.M.V.; OLIVEIRA, J.P.; FROES, L.O. Rendimento industrial e composição química de milho de alta qualidade protéica em relação a híbridos comerciais. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.39, p.233-242, 2009.

COIMBRA, R.R.; MIRANDA, G.V.; CRUZ, C.D.; MELO, A.V.; ECKERT, F.R. Caracterização e divergência genética de populações de milho resgatadas do Sudeste de Minas Gerais. **Revista Ciência Agronômica**, v.41, n.1, p.159-166, 2010.

CRUZ, C.D. **Programa Genes**: Aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa: UFV, 2007. 442p.

CRUZ, C.D.; FERREIRA, F.M.; PESSONI, L.A. **Biometria aplicada ao estudo da diversidade genética**. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2011. 620p.

DOTTO, M.A.; AFFÉRI, F.S.; PELUZIO, J.M.; MELO, A.V.; CARVALHO, E.V. Divergência genética entre cultivares comerciais de milho em baixas altitudes no Tocantins, safra 2007/2008. **Revista Ciência Agronômica**, v.41, p.630-637, 2010.

DUARTE, A.P.; CARVALHO, C.R.L.; CAVICHIOLI, J.C. Densidade, teor de óleo e produtividade de grãos em híbridos de milho. **Bragantia**, v.67, p.759-767, 2008.

FANCELLI, A.L.; DOURADO-NETO, D. **Produção de milho**. 2 ed. Piracicaba, 2004. 360p.

FARINELLI, R.; LEMOS, L.B. Nitrogênio em cobertura na cultura do milho em preparo convencional e plantio direto consolidados. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, n. 1, p. 63-70, 2012.

GALLAIS, A.; HIREL, B. An approach to the genetics of nitrogen use efficiency in maize. **Journal of Experimental Botany**, v.55, n.396, p.295-306, 2004.

GALVÃO, J.C.C.; MIRANDA, G.V. **Produção de milho em pequenas propriedades**. Viçosa: CPT, 2011. 300p.

GUEDES, J.M.; VILELA, D.J.M.; REZENDE, J.C.; SILVA, F.L.; BOTELHO, C.E.; CARVALHO, S.P. Divergência genética entre cafeeiros do germoplasma Maragogipe. **Bragantia**, v.72, n.2, p.127-132, 2013.

HEINZ, R.; MOTA, L.H.S.; GONÇALVES, M.C.; NETO, A.L.V.; CARLESSO, A. Seleção de progênies de meio-irmãos de milho para eficiência no uso de nitrogênio. **Revista Ciência Agronômica**, v.43, p.731-739, 2012.

IAL. Instituto Adolfo Lutz. **Normas analíticas do instituto Adolfo Lutz. Métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. São Paulo: IAL, 2005. 317p.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 15. ed. Piracicaba: FEALQ, 2009. 451p.

RAO, C.R. **Advanced statistical methods in biometri cresearch**. New York: John Willey, 1952. 390p.

RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ, V.V.H. **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação**. Viçosa, MG. 1999. 359p.

RIOS, S.A.; BORÉM, A.; GUIMARÃES, P.E.O.; PAES, M.C.D. Divergência genética entre genótipos de milho quanto ao teor de carotenóides nos grãos. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 9, n. 3, p. 277-286, 2010.

ROTILI, E.A.; CANCELLIER, L.L.; DOTTO, M.A.; PELUZIO, J.M.; CARVALHO, E.V. Divergência genética em genótipos de milho, no estado do Tocantins. **Revista Ciência Agronômica**, v.43, p.516-521, 2012.

SANTOS, M.M.; GALVÃO, J.C.C.; SILVA, I.R.; MIRANDA, G.V.; FINGER, F.L. Épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura na cultura do milho em plantio direto, e alocação do nitrogênio (<sup>15</sup>N) na planta. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v.34, p.1185-1194, 2010.

SANTOS, W.F.; AFFÉRI, F.S.; PELUZIO, J.M. Eficiência ao uso do nitrogênio e biodiversidade em genótipos de milho para teor de óleo. **Enciclopédia Biosfera**, v.11, n.21, p.2916-2925, 2015b.

SANTOS, W.F.; AFFÉRI, F.S.; PELÚZIO, J.M.; SODRÉ, L.F.; REINA, E.; FARIAS, T.C.M. Divergência genética e eficiência no uso do nitrogênio em populações de milho, visando à produção de óleo. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v.9, n.4, p.33-38, 2015a.

SANTOS, W.F.; PELUZIO, J.M.; AFFÉRI, F.S.; SODRÉ, L.F.; SANTOS, D.S.; FARIAS, T.C.M. Variabilidade genética e eficiência de uso do nitrogênio em populações de milho para teor de óleo. **Revista Ciência Agrárias**, v.57, p.312-317, 2014a.

SANTOS, W.F.; PELÚZIO, J.M.; SODRÉ, L.F.; AFFÉRI, F.S.; SANTANA, W.R. Épocas de semeadura, doses de nitrogênio e rendimento de proteína em populações de milho. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v.8, n.4, p.13-16, 2014b.

SCOTT, A.J.; KNOTT, M.A. Cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, v.30, p.507-512, 1974.

SILVA, K.C.L.; SILVA, K.P.; CARVALHO, E.V.; ROTILI, E.A.; AFFÉRI, F.S.; PELUZIO, J.M. Divergência genética de genótipos de milho com e sem adubação nitrogenada em cobertura. **Revista Agro@ambiente On-line**, v.9, n.2, p.102-110, 2015.

SIMON, G.A.; KAMADA, T.; MOITEIRO, M. Divergência genética em milho de primeira e segunda safra. **Semina: Ciências Agrárias**, v.33, n.2, p.449-458, 2012.

SINGH, D. The relative importance of characters affecting genetic divergence. **The Indian Journal of Genetics and Plant Breeding**, v.41, p.237-245, 1981.

VILLEGAS, E.; ORTEGA, E.; BAUER, R. Métodos químicos usados em El CIMMYT para determinar La calidad de proteína de los cereales. **Centro Internacional de Mejoramiento de Mays y Trigo**. México, D.F. 1985. 34p.

### **3. EFICIÊNCIA E RESPOSTA NO USO DE NITROGÊNIO POR GENÓTIPOS DE MILHO VISANDO A PRODUÇÃO DE ÓLEO**

#### **RESUMO**

O objetivo do presente trabalho foi identificar genótipos de milho (*Zea mays* L.) mais eficientes na absorção e utilização de nitrogênio no Tocantins para rendimento de óleo. Neste sentido, foram realizados dois ensaios de competição de genótipos de milho em Palmas-TO, na safra 2014/2015, sendo um sob condições de alto N (150 kg ha<sup>-1</sup> de N) e baixo N (0 kg ha<sup>-1</sup> de N) em cobertura. O delineamento experimental utilizado, em cada ensaio, foi de blocos ao acaso com três repetições e 18 tratamentos, sendo estes representados por 13 materiais de polinização aberta e cinco cultivares comerciais. Para identificar os cultivares adequados aos ambientes, utilizou-se a metodologia proposta por FAGERIA & KLUTHCOUSKI (1980), que sugerem a classificação dos genótipos quanto à eficiência no uso e resposta a aplicação do Nitrogênio. A metodologia de FAGERIA & KLUTHCOUSKI (1980), mostrou-se eficaz em discriminar genótipos de milho eficientes e responsivos. Os genótipos P36-16, P32-11 e P24-M1, todos classificados como variedades de polinização aberta, foram eficientes e responsivos quanto ao uso do N.

**PALAVRAS-CHAVE:** adubação nitrogenada, lipídeo, *Zea mays*.

#### **EFFICIENCY OF NITROGEN USE AND REPOSEIN MAIZE GENOTYPES FOR OIL YIELD**

#### **ABSTRACT**

The aim of this work was to select maize genotypes (*Zea mays* L.) efficient in the absorption and utilization of nitrogen in Tocantins for oil yield. In this regard, they were two field experiments of maize genotypes competition in Palmas-TO, in the season 2014/2015. One was conducted under high N (150 kg ha<sup>-1</sup> N) and, the other under low N (0 kg ha<sup>-1</sup> N). The experimental design was a randomized block design with three replications and 18 treatments, which they were represented by 13-open-pollinated and 5-commercial cultivars. To identify genotypes suited to environments, it was used the methodology proposed by Fageria & Kluthcouski (1980), which suggest the classification of genotypes for efficiency use and response to application of nitrogen. Efficient genotypes in absorption and utilization of nitrogen by the above

methodology for mineral stress and responsive to nitrogen increment were P36-16, P32-11 and P24-M1.

**KEYWORDS:** nitrogen fertilization, lipid, *Zea mays*.

### 3.1 Introdução

O milho (*Zea mays*) é um dos cereais mais importantes cultivados e consumidos no mundo devido ao seu potencial produtivo, composição química e valor nutritivo (GASOLA et al., 2014), sendo utilizado na alimentação humana e animal.

O milho se destaca entre as culturas de interesse econômico para o Brasil e assume relevante papel socioeconômico por se constituir em matéria-prima impulsionadora de diversos complexos agroindustriais (ALBUQUERQUE et al., 2013).

No Estado do Tocantins, o milho apresenta produtividade média de 4.821 (média da primeira e segunda safras 2015), que é inferior à média nacional 5.181 (CONAB, 2015) devido, dentre outros fatores, a escassez de programas de melhoramento de milho regional (COIMBRA et al., 2010; DOTTO et al., 2010; SANTOS et al., 2010; CANCELLIER et al., 2011; CARVALHO et al., 2011; ROTILI et al., 2012; SANTOS et al., 2014; SILVA et al., 2015), voltados para o uso de nutrientes, especialmente do N (SOARES et al., 2011; HEINZ et al., 2012; KAPPES et al., 2013; SANTOS et al., 2014; SANTOS et al., 2015; SILVA et al., 2015).

O nitrogênio (N) é o nutriente mais exigido pelo milho, sendo responsável pelo desenvolvimento vegetativo e pelo metabolismo vegetal (CARDOSO & SOBRINHO, 2007). Entretanto, em virtude da baixa disponibilidade de N nos solos tropicais, aliado à baixa eficiência no uso de N (EUN) pelos genótipos, o N é aplicado em grandes quantidades no solo via formulações químicas, gerando prejuízos econômicos e ambientais (SANTOS et al., 2015). Assim, é de extrema importância a otimização da EUN nas espécies cultivadas para uma produção agrícola mais sustentável, com vistas a redução de problemas ambientais e de custos de produção (FRITSCHÉ-NETO & BORÉM, 2011).

No melhoramento de plantas, para a identificação de cultivares eficientes na absorção e utilização do nutriente, é necessário estabelecer metodologias rápidas, de baixo custo e que permitam discriminar germoplasmas (FIDELIS et al., 2008).

FAGERIA & KLUTHCOUSKI (1980) e FAGERIA & BALIGAR (1993)

desenvolveram metodologia específica para estresse mineral aplicáveis ao melhoramento de plantas, para a seleção de plantas eficientes quanto ao uso dos nutrientes e responsivas à sua aplicação (FAGERIA et al., 2007). Por esta metodologia, a eficiência corresponde à média de RO de cada genótipo em baixo N. Já a resposta a aplicação do nutriente, para cada genótipo, é oriunda da diferença de rendimento nos dois níveis de N (Alto N e baixo N) dividido pelo diferença entre os níveis de N utilizados em cobertura.

Esta metodologia tem sido bastante utilizada em ensaios de campo, uma vez que os mesmos fazem parte da rotina dos programas de melhoramento (FIDELIS et al., 2008; ROTILI et al., 2010; FIDELIS et al., 2011; FIDELIS et al., 2012). Entretanto, nenhum estudo tem sido voltado para a cultura do milho em baixas latitudes, principalmente no tocante ao RO.

Neste sentido, o presente trabalho foi realizado com o intuito de identificar genótipos de milho produtivos e eficientes na absorção e utilização de nitrogênio, para a característica rendimento de óleo, sob condições de baixa latitude no Estado do Tocantins.

### 3.2 Material e Métodos

Em 10 de dezembro de 2014 foram realizados dois ensaios de competição de genótipos de milho foram realizados no Centro Agrotecnológico da Universidade Federal do Tocantins (UFT), Campus de Palmas (220 m, 10°45' S, 47°14' O), em solo do tipo Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, sendo um instalado sob condições de alto nitrogênio (150 kg ha<sup>-1</sup> de N) e um sob baixo nitrogênio (0 kg ha<sup>-1</sup> de N). Os resultados da análise química e física do solo encontram-se na Tabela 5.

**TABELA 5.** Resultado da análise do solo antes da implantação do experimento.

<b>Amostra</b> (cm)	<b>pH</b> CaCl <sub>2</sub>	<b>P Mehlich<sup>-1</sup></b> mg.dm <sup>-3</sup>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>Al</b>	<b>H+Al</b>
0-20	4,90	15,50	0,08	3,00	1,60	0,10	3,10
<b>Amostra</b> (cm)	<b>MO</b> g.dm <sup>-3</sup>	<b>SB</b> ----cmolc.dm <sup>-3</sup> ----	<b>T</b>	<b>V</b>	<b>Arg</b>	<b>Limo</b>	<b>Areia</b>
0-20	7,00	4,68	7,78	60,15	13	5	82

O delineamento experimental utilizado, em cada ensaio, foi de blocos ao acaso com 18 tratamentos e três repetições. Os tratamentos foram constituídos de

18 genótipos, sendo 13 de polinização aberta (P40-8, P36-19, P29-M12, P32-11, P36-16, P28-2B, P37-3, P24-M1, P29-M5 UFT 1, UFT 5, UFT 7, UFT 4), oriundos de programas de melhoramento genético da Universidade Federal do Tocantins – UFT e cinco comerciais, sendo quatro híbrido duplos (AG 1051, BR 205, BRAS 3010 e ORION) e um variedade (AL Bandeirante).

A parcela experimental foi composta por quatro linhas de cinco metros de comprimento, espaçadas de 0,90m entre as linhas. Na colheita, foram utilizadas as duas linhas centrais de cada fileira, descartando-se 0,50m das extremidades das fileiras.

Foram realizadas as operações de aração, gradagem e sulcamento. O plantio das sementes e a adubação no sulco de semeadura foram efetuadas manualmente. A adubação de pré-plantio foi realizada utilizando 300 kg ha<sup>-1</sup> da formulação 5-25-15+0,5% Zn, para todos os ensaios, sendo os demais tratos culturais efetuados assim que se fizeram necessários conforme exigência da cultura.

As adubações nitrogenadas (N) utilizadas, em cobertura, foram de 0 e 150 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, proporcionando totais de 15 e 165 kg ha<sup>-1</sup> de N, para os ambientes de baixo e alto N.

A adubação em cobertura utilizando 150 kg ha<sup>-1</sup> de N, tendo como fonte de N a ureia, foi parcelada em duas vezes, sendo a primeira no estágio fenológico de quatro (V4) e a segunda no de oito folhas (V8) completamente expandidas. As doses utilizadas para os ambientes de baixo e alto N correspondem à menor e maior produtividade de grãos esperadas para a cultura do milho.

Os tratos culturais foram realizados sempre que necessário, de acordo com as recomendações técnicas para a cultura do milho (FANCELLI & DOURADO NETO, 2004).

Nas duas fileiras centrais, de cada parcela experimental, foram colhidas todas as espigas, quando as plantas atingiram o estágio R6 (maturidade fisiológica). Em seguida, as espigas foram trilhadas e os grãos acondicionadas em um único saco de papel, o qual foi identificado por genótipo, e transportado para o Laboratório de Pesquisa em Produtos Naturais-LPPN da Universidade Federal do Tocantins - Campus de Palmas, onde foi realizada a moagem. Após a moagem dos grãos, foi determinado o teor de óleo dos grãos (%).



Em seguida, foi obtido o rendimento de óleo ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), oriundo do produto do rendimento de grãos (massa de grãos de cada parcela corrigida para 13% de umidade e transformada em  $\text{kg ha}^{-1}$ ) pelo teor de óleo (%), obtido pelo método de Soxhlet, segundo IAL (2005).

Para identificar genótipos eficientes quanto ao uso do nitrogênio (N) e responsivos à sua aplicação, foi utilizada a metodologia proposta por FAGERIA & KLUTHCOUSKI (1980) e FAGERIA & BALIGAR (1993). Por esta metodologia, a eficiência correspondeu à média de rendimento de óleo de cada genótipo em baixo N. A resposta a aplicação do nutriente, para cada genótipo, foi oriunda da diferença de rendimento nos dois níveis de nitrogênio (alto e baixo N) dividido pelo diferença entre os níveis de N utilizados em cobertura.

Utilizou-se a representação gráfica no plano cartesiano para classificar os genótipos. No eixo das abscissas, encontra-se a eficiência na utilização do N e no eixo das ordenadas, encontra-se a resposta à sua utilização. O ponto de origem dos eixos é a eficiência média e a resposta média dos genótipos. No primeiro quadrante são representados os genótipos eficientes e responsivos; no segundo, não eficientes e responsivos; no terceiro, os não eficientes e não responsivos e no quarto, os eficientes e não responsivos.

Após serem tabulados, os dados de rendimento de óleo foram submetidos ao teste de normalidade. Em seguida, foi realizada análise de variância para cada ensaio (nível de N) e, em seguida, análise conjunta seguindo o critério da homogeneidade dos quadrados médios residuais dos ensaios. Os índices de eficiências e respostas dos genótipos foram também submetidos à normalidade e, posteriormente, foi realizada análise de variância para cada um dos mesmos.

As médias dos genótipos, ambientes e dos índices de eficiência e resposta, foram comparadas pelo teste de grupos de (SCOTT & KNOTT, 1974), a 5% de significância. Foi realizada, ainda, correlação fenotípica entre os índices de eficiência e resposta dos genótipos, sendo utilizado o teste t ao nível de 5% de significância. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o programa Computacional Genes, versão 2007 (CRUZ, 2007).

### 3.3 Resultados e Discussão

A análise de variância conjunta (Tabela 6) apresentou efeito significativo ( $p < 0,05$ ) para ensaios, genótipos e interação no rendimento de óleo. Esta última indica existência de comportamento diferencial dos genótipos nos diferentes ensaios. Neste sentido, foram realizados os desdobramentos, ou seja, o estudo de todos os genótipos dentro de cada ensaio e o comportamento de cada genótipo entre os ensaios.

**TABELA 6.** Resumo da análise de variância conjunta para rendimento de óleo (RO), e para a eficiência e resposta, de 18 genótipos de milho, cultivadas em dois ensaios (diferentes níveis de nitrogênio), na safra 2014/2015, Palmas-TO.

Fonte de Variação	Grau de Liberdade	RO	Eficiência	Resposta
Bloco	2	-	308,241	0,0001 <sup>ns</sup>
Bloco/Ensaio	4	307,23 <sup>ns</sup>	-	-
Ensaio	1	56376,89*	-	-
Genótipos	17	4242,26*	2847,14*	72,59*
Interação	17	1504,08*	-	-
Erro/Conjunta	68	215,82		
Erro/Bloco	34	-	147,77	0,0018
Média		200	177	0,31
CV %		7,3	6,8	13,8

\*, ns: significativo e não significativo, respectivamente, pelo teste F a 5%.

A significância para os genótipos indicou a existência de variabilidade genética para rendimento de óleo. SANTOS et al. (2015), também, observou efeito significativo entre genótipos de milho e interação com ambiente quanto ao rendimento de óleo.

Os coeficientes de variação (CV) variaram de 7,3 a 13,8%, indicando precisão na condução dos experimentos. Segundo classificação proposta por PIMENTEL-GOMES (2009), o CV é classificado como baixo quando menor do que 10% e médio quando de 10 a 20%.

O rendimento de óleo (Tabela 7) variou de 121 kg ha<sup>-1</sup> (Baixo N; P36-19) a 287 kg ha<sup>-1</sup> (Alto N; AG 1051), valores próximos aos encontrados por SANTOS et al. (2015) em 10 populações no Tocantins.

Foram formados quatro grupos de médias em Alto N (AN), onde as maiores médias foram os genótipos AG 1051, P28-2B, P24-M1, e as menores médias

rendimentos dos genótipos P40-8, P36-19, BR 205, AL BANDEIRANTE, P29-M12 e BRAS 3010. Já no ensaio de Baixo N (BN), foram formados quatro grupos de médias, com os genótipos ORION, P37-3, P24-M1, P29-M5, UFT 1 e UFT 7 no grupo de maiores médias, e no grupo com menores médias os genótipos P36-19, BR 205 e AL BANDEIRANTE.

**TABELA 7.** Médias de rendimento de óleo ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) em 18 genótipos de milho cultivados dois níveis de N na safra 2014/2015, Palmas-TO.

Genótipos	Alto N	Baixo N	Eficiência	Resposta
P40-8	194 Ad	155 Bc	155 c	0,26 e
P36-19	179 Ad	121 Bd	121 d	0,39 c
BR 205	199 Ad	133 Bd	133 d	0,44 c
AL BANDEIRANTE	190 Ad	128 Bd	128 d	0,41c
ORION	233 Ab	203 Ba	203 a	0,20 f
P29-M12	188 Ad	172 Ab	172 b	0,11 g
AG 1051	287 Aa	154 Bc	154 c	0,89 a
BRAS 3010	183 Ad	177 Ab	177 b	0,04 g
P32-11	240 Ab	185 Bb	185 b	0,34 d
P36-16	231 Ab	180 Bb	180 b	0,34 d
P28-2B	263 Aa	167 Bb	167 b	0,64 b
P37-3	223 Ac	218 Aa	218 a	0,03 g
P24-M1	264 Aa	213 Ba	213 a	0,34 d
P29-M5	243 Ab	218 Ba	218 a	0,17 f
UFT 1	248 Ab	219 Ba	219 a	0,19 f
UFT 5	214 Ac	175 Bb	175 b	0,26 e
UFT 7	216 Ac	196 Aa	196 a	0,13 f
UFT 4	216 Ac	176 Bb	176 b	0,26 e
Média	223 a	177 b	177	0,31

Médias seguidas por mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, pertencem a um mesmo grupo, de acordo com o critério de agrupamento de SCOTT & KNOTT (1974), a 5% de significância. Alto N =  $150 \text{ kg ha}^{-1}$ ; Baixo N =  $0 \text{ kg ha}^{-1}$

Os genótipos P29-M12, BRAS 3010, P37-3 e UFT 7 apresentaram comportamento similar nos ensaios de BN e AN. Os demais genótipos, apresentaram maior rendimento de óleo sob AN.

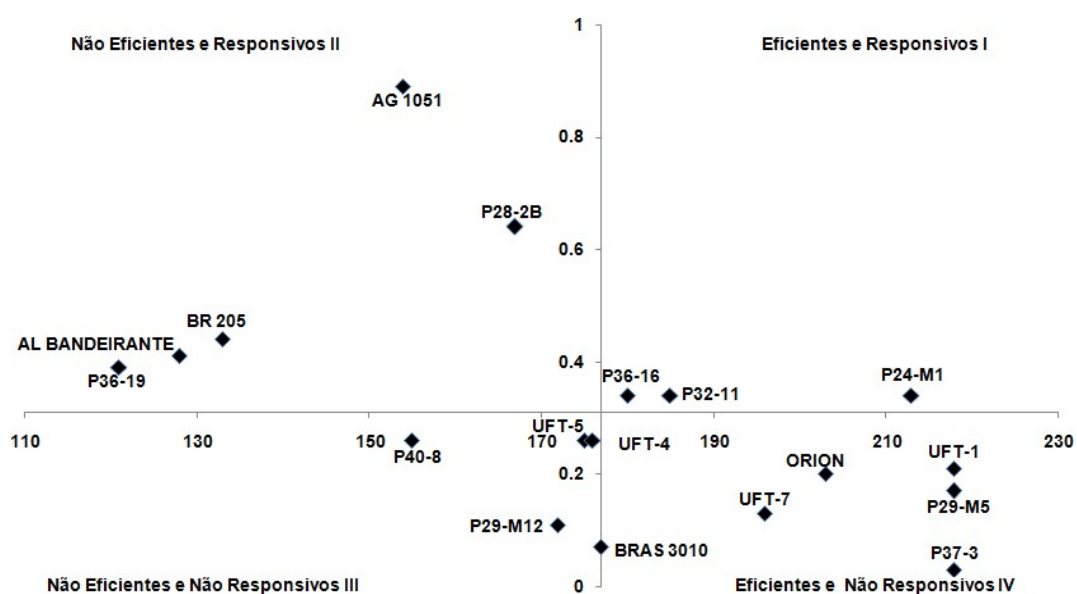
A metodologia proposta por FAGERIA & KLUTHCOUSKI (1980), específica para estresse mineral, identificou como eficientes no uso de N, os genótipos P36-16, P32-11, P24-M1, UFT-7, ORION, UFT-1, P29-M5 e P37-3, uma vez que apresentaram as maiores médias de rendimento de óleo em BN, sendo apresentados no primeiro e quarto quadrantes da Figura 1. Ressalta-se que todos os

genótipos, com exceção de ORION (híbrido duplo), são variedades de polinização aberta oriundas de programas de melhoramento no Estado do Tocantins, ou seja, com desenvolvimento sob condições de estresse ambiental, principalmente no tocante à temperatura elevadas e solos pouco férteis.

De modo geral, esses resultados concordam com aqueles oriundos da eficiência dos genótipos comparadas pelo teste de agrupamento de SCOTT & KNOTT (1974), a 5% de significância (Tabela 6). Por este teste, os genótipos mais eficientes foram ORION, P37-3, P24-M1, P29-M5, UFT 1 e UFT 7 e os menos eficientes P36-19, BR 205 e AL BANDEIRANTE.

As diferenças apresentadas entre os genótipos, em relação aos demais, na absorção e utilização de N no RO, pode ser explicada pela expressão ou não expressão dos alelos favoráveis presentes nos genótipos, que resultam em uma melhor absorção e aproveitamento do N no desenvolvimento da planta. Segundo GALLAIS & HIREL (2004), os alelos responsáveis para o controle genético da eficiência de N são expressos de acordo com o grau de disponibilidade do mesmo.

Estes resultados estão em concordância com aqueles obtidos por FIDELIS et al. (2008), BUENO et al. (2009) e SILVA et al. (2015) que também verificaram comportamento diferencial de genótipos de milho quando submetidos à níveis contrastantes de N.



**Figura 1.** Eficiência no uso e resposta à aplicação de nitrogênio em genótipos de milho, pela metodologia de FAGERIA & KLUTHCOUSKI (1980).

Quanto a resposta à aplicação de N, oito genótipos (P36-19, BR 205, AL BANDEIRANTE, AG 1051, P28-2B, P36-16, P32-11 e P24-M1) destacaram-se por apresentarem os maiores índices, estando portanto representados no primeiro e segundo quadrantes da Figura 1. Destes, merecerem destaque o híbrido duplo AG 1051 e a variedade de polinização aberta P28-2B que apresentaram, respectivamente, valores de índice de resposta de 0,89 e 0,64 (Tabela 7).

Ressalta-se que P36-16, P32-11 e P24-M1 além de responsivos, são eficientes quanto ao uso do N em ambientes com baixo nível do mesmo (BN), o que demonstra adaptação deste materiais em ambientes de baixa (BN) e alta disponibilidade de N (AN) (primeiro quadrante da Figura 1). São escassos os trabalhos na literatura com a mesma metodologia envolvendo genótipos de milho para rendimento de óleo na Região Norte, considerando eficientes e responsivos quanto ao uso do N.

Por outro lado, os genótipos P36-19, BR 205, AL BANDEIRANTE, AG 1051 e P28-2B por terem apresentado baixo rendimento de óleo em BN foram considerados como não eficientes, porém tiveram caracterizado suas condições de materiais responsivos (segundo quadrante da Figura 1). Estes genótipos são indicados para serem utilizados por agricultores que dispõem de nível tecnológico elevado.

Os genótipos P40-8, P29-M12, UFT 5 e UFT 4 por terem apresentado baixo rendimento de óleo no ambiente BN (inferior à média dos genótipos, ou seja,  $177 \text{ kg ha}^{-1}$ ) e também por terem apresentado baixos índices de resposta a aplicação de N (inferior a 0,31) foram considerado como não eficientes e não responsivos (terceiro quadrante da Figura 1). Genótipos deste quadrante não são recomendadas para semeaduras em propriedades agrícolas, nem mesmo para aquelas que utilizam baixo nível tecnológico.

Os genótipos UFT 7, ORION, UFT 1, P29-M5 e P37-3 por terem apresentado alto rendimento de óleo no ambiente BN (acima da média geral, ou seja,  $177 \text{ kg ha}^{-1}$ ) e também por terem apresentado baixos índices de resposta a aplicação de N (inferior à média geral 0,31) foram considerado como eficientes e não responsivos (quarto quadrante da Figura 1). Os genótipos deste grupo são recomendados para o cultivo em propriedades que adotam baixo nível tecnológico.

Pelo teste de SCOTT & KNOTT (1974), a 5% de significância (Tabela 6), o híbrido AG1051 apresentou a maior resposta, seguido pelas variedades P28-2B,

P36-19, BR 205 e AL BANDEIRANTE. Os genótipos menos responsivos foram P29-M12, BRAS 3010 e P37-3.

Ressalta-se que os genótipos mais responsivos pela metodologia de FAGERIA & KLUTHCOUSKI (1980) foram alocados nos quatro primeiros grupos de médias pelo teste de SCOTT & KNOTT (1974). Os demais genótipos, estiveram distribuídos nos demais grupos.

A correlação entre os índices de eficiência e os índices de resposta dos genótipos foi negativa e significativa ( $r = -0,55$ ,  $p < 0,05$ ), indicando que os genótipos mais eficientes foram, de modo geral, menos responsivos, fato este também confirmado pelo teste de SCOTT & KNOTT (1974) (Tabela 6). Tal resultado de certo modo era esperado, uma vez que genótipos desenvolvidos para uma condição favorável (ex: AN), ou seja, onde o nível tecnológico empregado seja alto, dificilmente serão eficientes sob condições de estresse (ex: BN). De modo similar, genótipos desenvolvidos para condições de estresse, serão eficientes nesta condição, mas pouco responsivos.

A metodologia de FAGERIA & KLUTHCOUSKI (1980), permitiu identificar genótipos eficientes quanto ao uso do N e responsivos à sua aplicação, já que a média geral do RO em BN foi aproximadamente 26% inferior à do ambiente AN (Tabela 6).

### 3.4 Conclusões

Para a característica rendimento de óleo, a metodologia de FAGERIA & KLUTHCOUSKI (1980), mostrou-se eficaz em discriminar genótipos de milho eficientes e responsivos.

Os genótipos P36-16, P32-11 e P24-M1, todos classificados como variedades de polinização aberta, foram eficientes e responsivos quanto ao uso do N, podendo ser utilizados como fonte de germoplasmas para tal finalidade.

### 3.5 Referências

ALBUQUERQUE, A.W.; SANTOS, JOSÉ R.; MOURA FILHO, G.; REIS, L.S. Plantas de cobertura e adubação nitrogenada na produção de milho em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.7, p.721–726, 2013.

BUENO, L.G.; CHAVES, L.J.; OLIVEIRA, J.P.; BRASIL, E.M.; REIS, A.J.S.; ASSUNÇÃO, A.; PEREIRA, A.F.; RAMOS, M.R. Controle genético do teor proteico nos grãos e de caracteres agronômicos em milho cultivado com diferentes níveis de adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 6, p. 590-598, 2009.

CANCELLIER, L.L.; AFFÉRI, F.S.; CARVALHO, E.V.; DOTTO, M.A.; LEÃO, F.F. Eficiência no uso de nitrogênio e correlação fenotípica em populações tropicais de milho no Tocantins. **Revista Ciência Agronômica**, v.42, p.139-148, 2011.

CARDOSO, M.J.; SOBRINHO, C.A. **O milho no Meio-Norte do Brasil: estratégias básicas do manejo**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2007. 384p.

CARVALHO, E.V.; AFFÉRI, F.S.; PELUZIO, J.M.; DOTTO, M.A.; CAPPELLESSO, R.B.; MELO, A.V. Desempenho agronômico e divergência genética na seleção de linhagens S<sub>5</sub> de milho. **Bioscience Journal**, v. 27, n. 5, p. 794-797, 2011.

COIMBRA, R.R.; MIRANDA, G.V.; CRUZ, S.D.; MELO, A.V.M.; ECKERT, F.R. Caracterização e divergência genética de populações de milho resgatadas do Sudeste de Minas Gerais. **Revista Ciência Agronômica**, v.41, p.159-166, 2010.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos, v. 2 - Safra 2014/15, n. 9**. Brasília: CONAB, 2015. 138p. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15\\_06\\_11\\_09\\_00\\_38\\_boletim\\_graos\\_junho\\_2015.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_06_11_09_00_38_boletim_graos_junho_2015.pdf)>. Acesso em: 03 set. 2015.

CRUZ, C.D. **Programa Genes: Aplicativo computacional em genética e estatística**. Viçosa: UFV, 2007. 442p.

CRUZ, C.D.; FERREIRA, F.M.; PESSONI, L.A. **Biometria aplicada ao estudo da diversidade genética**. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2011. 620p.

DOTTO, M.A.; AFFÉRI, F.S.; PELUZIO, J.M.; MELO, A.V.; CARVALHO, E.V. Divergência genética entre cultivares comerciais de milho em baixas altitudes no Tocantins, safra 2007/2008. **Revista Ciência Agronômica**, v.41, p.630-637, 2010.

FAGERIA, N.D.; KLUTHCOUSKI, J. **Metodologia para avaliação de cultivares de arroz e feijão para condições adversas de solo**. Brasília: EMBRAPA/CNPAP, 1980. 22p.

FAGERIA, N.K.; BALIGAR, V.C. Screening crop genotypes for mineral stresses. In: **Proceeding of the workshop on adaptation of plants to soil stresses**. 1993. INTSORMIL. Publication n.94-2. University of Nebraska, Lincoln, NE.

FAGERIA, N.K.; SANTOS, A.B.; CUTRIM, V.A. Produtividade de arroz irrigado e eficiência de uso do nitrogênio influenciadas pela fertilização nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.7, p.1029-1034, 2007.

FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. 2 ed. Piracicaba: Livrocere, 2004. 360p.

FIDÉLIS, R.R.; AFFERRI, F.S.; PELUZIO, J.M.; SANTOS, G.R.; LEMUS, E.A.E. Classificação de populações de milho quanto a eficiência e resposta ao uso de fósforo em solos naturais de cerrado. **Bioscience Journal**, v.24, n.3, p.39-45, 2008.

FIDELIS, R.R.; ROTILI, E.A.; SANTOS, M.M.; BARROS, H.B.; MELO, A.V.; DOTTO, M. Eficiência no uso de nitrogênio em cultivares de arroz irrigado. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.6, n. 4, p.622-626, 2011.

FIDELIS, R.R.; ROTILI, E.A.; SANTOS, M.M.; BARROS, H.B.; RODRIGUES, A.M. Eficiência quanto ao uso e resposta à aplicação de nitrogênio de cultivares de arroz em solos de terras altas no Sul do Estado de Tocantins, safra 2007/2008. **Bioscience Journal**, v.28, n.3, p.432-438, 2012.

FRITSCHÉ-NETO, R.; BORÉM, A. **Melhoramento de plantas para condições de estresses abióticos**. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2011. 250p.

GALLAIS, A.; HIREL, B. An approach to the genetics of nitrogen use efficiency in maize. **Journal of Experimental Botany**, v.55, n.396, p.295-306, 2004.

GAZOLA, D.; ZUCARELI, C.; SILVA, R.R.; FONSECA, I.C. B. Aplicação foliar de aminoácidos e adubação nitrogenada de cobertura na cultura do milho safrinha. R. **Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.7, p.700-707, 2014.



HEINZ, R.; MOTA, L.H.S.; GONÇALVES, M.C.; NETO, A.L.V.; CARLESSO, A. Seleção de progênies de meio-irmãos de milho para eficiência no uso de nitrogênio. **Revista Ciência Agronômica**, v.43, n. 4, p.731-739, 2012.

IAL. Instituto Adolfo Lutz. **Normas analíticas do instituto Adolfo Lutz. Métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. São Paulo: IAL, 2005. 317 p.

KAPPES, C.; ARF, O.; ANDRADE, J.A.C. Produtividade do milho em condições de diferentes manejos do solo e de doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.37, p.1310-1321, 2013.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 15. ed. Piracicaba: FEALQ, 2009. 451p.

ROTILI, E.A.; CANCELLIER, L.L.; DOTTO, M.A.; PELUZIO, J.M.; CARVALHO, E.V. Divergência genética em genótipos de milho, no estado do Tocantins. **Revista Ciência Agronômica**, v.43, p.516-521, 2012.

ROTILI, E.A.; FIDELIS, R.R.; SANTOS, MANOEL, M.; 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**, v.69, n.3, p. 705-709, 2010.

SANTOS, M.M.; GALVÃO, J.C.C.; SILVA, I.R.; MIRANDA, G.V.; FINGER, F.L. Épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura na cultura do milho em plantio direto, e alocação do nitrogênio ( $^{15}\text{N}$ ) na planta. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v.34, p.1185-1194, 2010.

SANTOS, W.F.; PELUZIO, J.M.; AFFÉRRRI, F.S.; SODRÉ, L.F.; SANTOS, D.S.; FARIAS, T.C.M. Variabilidade genética e eficiência de uso do nitrogênio em populações de milho para teor de óleo. **Revista Ciência Agrárias**, v.57, p.312-317, 2014.

SANTOS, W.F.; PELUZIO, J.M.; SODRÉ, L.F.; AFFÉRRRI, F.S.; OLIVEIRA, K.J.C.; ARAUJO, L.L. Épocas de semeadura, doses de nitrogênio e rendimentos de óleo em populações de milho. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v.9, n.1, p.29-32, 2015.

SCOTT, A.; KNOTT, M. Cluster analysis method for grouping means in analysis of variance. **Biometrics**, v.30, p.507-512, 1974.

SILVA, K.C.L.; SILVA, K.P.; CARVALHO, E.V.; ROTILI, E.A.; AFFÉRI, F.S.; PELUZIO, J.M. Divergência genética de genótipos de milho com e sem adubação nitrogenada em cobertura. **Revista Agro@ambiente On-line**, v.9, n.2, p.102-110, 2015.

SOARES, M.O.; MIRANDA, G.V.; GUIMARÃES, L.J.M.; MARRIEL, I.E.; GUIMARÃES, C.T. Parâmetros genéticos de uma população de milho em níveis contrastantes de nitrogênio. **Revista Ciência Agronômica**, v.42, p.168-174, 2011.

#### **4. CONCLUSÕES**

Os níveis contrastantes de nitrogênio resultaram em comportamento diferencial dos genótipos.

As características que mais contribuíram para dissimilaridade genéticas foram rendimento de grãos, rendimento de proteínas e rendimento de óleo.

Os genótipos P24-M1 e P37-3, para baixo N, e P24-M1, para alto N, são promissores para produção de energia.

Os genótipos eficientes na absorção e utilização de nitrogênio através da metodologia específica para estresse mineral e responsivos ao incremento de nitrogênio foram P36-16, P32-11 e P24-M1.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, A.W.; SANTOS, JOSÉ R.; MOURA FILHO, G.; REIS, L.S. Plantas de cobertura e adubação nitrogenada na produção de milho em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.7, p.721–726, 2013.

CANCELLIER, L.L.; AFFÉRI, F.S.; CARVALHO, E.V.; DOTTO, M.A.; LEÃO, F.F. Eficiência no uso de nitrogênio e correlação fenotípica em populações tropicais de milho no Tocantins. **Revista Ciência Agronômica**, v.42, p.139-148, 2011.

CARDOSO, M.J.; SOBRINHO, C.A. **O milho no Meio-Norte do Brasil: estratégias básicas do manejo**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2007. 384p.

CARVALHO, E.V.; AFFÉRI, F.S.; PELUZIO, J.M.; DOTTO, M.A.; CAPPELLESSO, R.B.; MELO, A.V. Desempenho agrônômico e divergência genética na seleção de linhagens S<sub>5</sub> de milho. **Bioscience Journal**, v. 27, n. 5, p. 794-797, 2011.

CASTIGLIONI, V.B.R.; ALVES, R.T.; URCHER, M.A.; FRÓES, G.R. **Soja: um sucesso brasileiro**. Londrina: Embrapa Soja. p239. 2004.

CECCHI, H. M. **Fundamentos Teóricos e Práticos em Análise de Alimentos**, 2ª Edição, Campinas: UNICAMP, 2003. 212 p.

COIMBRA, R.R.; MIRANDA, G.V.; CRUZ, S.D.; MELO, A.V.M.; ECKERT, F.R. Caracterização e divergência genética de populações de milho resgatadas do Sudeste de Minas Gerais. **Revista Ciência Agronômica**, v.41, p.159-166, 2010.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira de grãos, v. 2 - Safra 2014/15, n. 9**. Brasília: CONAB, 2015. 138p. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15\\_06\\_11\\_09\\_00\\_38\\_boletim\\_graos\\_junho\\_2015.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_06_11_09_00_38_boletim_graos_junho_2015.pdf)>. Acesso em: 03 set. 2015.

DOTTO, M.A.; AFFÉRI, F.S.; PELUZIO, J.M.; MELO, A.V.; CARVALHO, E.V. Divergência genética entre cultivares comerciais de milho em baixas altitudes no Tocantins, safra 2007/2008. **Revista Ciência Agronômica**, v.41, p.630-637, 2010.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Circular técnica 75:** Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do grão de milho. 2006. Disponível em: <[http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/publica/2006/circular/Circ\\_75.pdf](http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/publica/2006/circular/Circ_75.pdf)>.

Acesso em: 01 set. 2015.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Adequação da Metodologia Kjeldahl para determinação de Nitrogênio Total e Proteína Bruta.** 2006. Disponível em: <<http://www.cpap.embrapa.br/publicacoes/online/CT63.pdf>>.

Acesso em: 01 set. 2015.

FAGERIA, N.D; KLUTHCOUSKI, J. **Metodologia para avaliação de cultivares de arroz e feijão para condições adversas de solo.** Brasília: EMBRAPA/CNPAF, 1980. 22p.

FAGERIA, N.K.; BALIGAR, V.C. Screening crop genotypes for mineral stresses. In: **Proceeding softhe workshop on adaptation of plants to soil stresses.** 1993. INTSORMIL. Publication n.94-2. Universityof Nebraska, Lincoln, NE.

FAGERIA, N.K.; SANTOS, A.B.; CUTRIM, V.A. Produtividade de arroz irrigado e eficiência de uso do nitrogênio influenciadas pela fertilização nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.7, p.1029-1034, 2007.

FIDÉLIS, R.R.; AFFERRI, F.S.; PELUZIO, J.M.; SANTOS, G.R.; LEMUS, E.A.E. Classificação de populações de milho quanto a eficiência e resposta ao uso de fósforo em solos naturais de cerrado. **Bioscience Journal**, v.24, n.3, p.39-45, 2008.

FIDELIS, R.R.; ROTILI, E.A.; SANTOS, M.M.; BARROS, H.B.; MELO, A.V.; DOTTO, M. Eficiência no uso de nitrogênio em cultivares de arroz irrigado. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.6, n. 4, p.622-626, 2011.

FIDELIS, R.R.; ROTILI, E.A.; SANTOS, M.M.; BARROS, H.B.; RODRIGUES, A.M. Eficiência quanto ao uso e resposta à aplicação de nitrogênio de cultivares de arroz em solos de terras altas no Sul do Estado de Tocantins, safra 2007/2008. **Bioscience Jurnal**, v.28, n.3, p.432-438, 2012.

FRITSCHÉ-NETO, R.; BORÉM, A. **Melhoramento de plantas para condições de estresses abióticos.** Visconde do Rio Branco: Suprema, 2011. 250p.

GAZOLA, D.; ZUCARELI, C.; SILVA, R.R.; FONSECA, I.C.B. Aplicação foliar de aminoácidos e adubação nitrogenada de cobertura na cultura do milho safrinha. R. **Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.7, p.700–707, 2014.

GUEDES, J.M.; VILELA, D.J.M.; REZENDE, J.C.; SILVA, F.L.; BOTELHO, C.E.; CARVALHO, S.P. Divergência genética entre cafeeiros do germoplasma Maragogipe. **Bragantia**, v.72, n.2, p.127-132, 2013.

HEINZ, R.; MOTA, L.H.S.; GONÇALVES, M.C.; NETO, A.L.V.; CARLESSO, A. Seleção de progênies de meio-irmãos de milho para eficiência no uso de nitrogênio. **Revista Ciência Agronômica**, v.43, n. 4, p.731-739, 2012.

KAPPES, C.; ARF, O.; ANDRADE, J.A.C. Produtividade do milho em condições de diferentes manejos do solo e de doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.37, p.1310-1321, 2013.

LIMA, P.C.R. **Biodiesel: Um Novo Combustível para o Brasil**. Brasília: Consultoria Legislativa, Câmara dos Deputados, 2005.

PELUZIO, J. M., FIDELIS, R. R., ALMEIDA JUNIOR, D., BARBOSA, V. S., RICHTER, H. M., AFERRI, F. S. Desempenho de cultivares de soja, em duas épocas de semeadura, no sul do Estado de Tocantins. **Bioscience Journal**, v.22, n.2, p.69-74, 2006.

PORTAL ENERGIA. **Biocombustíveis vantagens e desvantagens**. 2012. Disponível em: <<http://www.portal-energia.com/biocombustiveis-vantagens-e-desvantagens/>>. Acesso em: 07 set. 2015.

REINA, E. **Eficiência de fósforo em soja, visando à produção de biocombustíveis, no Estado do Tocantins**. 2011. 51 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Agroenergia, Universidade Federal do Tocantins, Palmas, 2011.

RIOS, S.A.; BORÉM, A.; GUIMARÃES, P.E.O.; PAES, M.C.D. Divergência genética entre genótipos de milho quanto ao teor de carotenóides nos grãos. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 9, n. 3, p. 277-286, 2010.

ROTILI, E.A.; CANCELLIER, L.L.; DOTTO, M.A.; PELUZIO, J.M.; CARVALHO, E.V. Divergência genética em genótipos de milho, no estado do Tocantins. **Revista Ciência Agronômica**, v.43, p.516-521, 2012.

ROTILI, E.A.; FIDELIS, R.R.; SANTOS, MANOEL, M.; 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**, v.69, n.3, p. 705-709, 2010.

SANTOS, M.M.; GALVÃO, J.C.C.; SILVA, I.R.; MIRANDA, G.V.; FINGER, F.L. Épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura na cultura do milho em plantio direto, e alocação do nitrogênio ( $^{15}\text{N}$ ) na planta. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v.34, p.1185-1194, 2010.

SANTOS, W.F.; PELUZIO, J.M.; AFFÉRRI, F.S.; SODRÉ, L.F.; SANTOS, D.S.; FARIAS, T.C.M. Variabilidade genética e eficiência de uso do nitrogênio em populações de milho para teor de óleo. **Revista Ciência Agrárias**, v.57, p.312-317, 2014.

SANTOS, W.F.; PELUZIO, J.M.; SODRÉ, L.F.; AFFÉRRI, F.S.; OLIVEIRA, K.J.C.; ARAUJO, L.L. Épocas de semeadura, doses de nitrogênio e rendimentos de óleo em populações de milho. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v.9, n.1, p.29-32, 2015.

SILVA, K.C.L.; SILVA, K.P.; CARVALHO, E.V.; ROTILI, E.A.; AFFÉRRI, F.S.; PELUZIO, J.M. Divergência genética de genótipos de milho com e sem adubação nitrogenada em cobertura. **Revista Agro@ambiente On-line**, v.9, n.2, p.102-110, 2015.

SIMON, G.A.; KAMADA, T.; MOITEIRO, M. Divergência genética em milho de primeira e segunda safra. **Semina: Ciências Agrárias**, v.33, n.2, p.449-458, 2012.

SOARES, M.O.; MIRANDA, G.V.; GUIMARÃES, L.J.M.; MARRIEL, I.E.; GUIMARÃES, C.T. Parâmetros genéticos de uma população de milho em níveis contrastantes de nitrogênio. **Revista Ciência Agronômica**, v.42, p.168-174, 2011.