



**Uso e ocupação do solo relacionado aos valores adicionados brutos da indústria e da agropecuária ao PIB das microrregiões do estado do Tocantins**

**Land use and occupation related to the gross value added of industry and agriculture to the GDP of the microregions of the state of Tocantins**

DOI: 10.55905/revconv.17n.1-110

Recebimento dos originais: 01/12/2023

Aceitação para publicação: 05/01/2024

**Matheus Borges do Amorim**

Mestre em Agronomia

Instituição: Universidade Federal de Goiás (UFG)

Endereço: Palmas – Tocantins, Brasil

E-mail: m.borges695@gmail.com

**Michele Ribeiro Ramos**

Doutora em Engenharia Florestal

Instituição: Universidade Estadual do Tocantins (UNITINS)

Endereço: Palmas – Tocantins, Brasil

E-mail: michele.rr@unitins.br

**Fábio Venturoli**

Pós-Doutor em Engenharia Florestal

Instituição: Universidade Federal de Goiás (UFG) - campus Samambaia

Endereço: Goiânia – Goiás, Brasil

E-mail: fabioventuroli@gmail.com

**Alexandre Uhlmann**

Doutor em Biologia Vegetal

Instituição: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)

Endereço: Palmas - Tocantins, Brasil

E-mail: Alexandre.uhlmann@embrapa.br

**RESUMO**

Entender as correlações que influenciam no desenvolvimento local é importante na medida em que auxilia no entendimento e na identificação das disparidades regionais. Nesse sentido, a área de atuação das atividades econômicas exerce uma influência determinante no desenvolvimento regional, o que está diretamente ligado às condições naturais, como condições edáficas e disponibilidade de recursos em geral. Assim, o objetivo desta pesquisa foi determinar a interação dos fatores de cada microrregião do Estado do Tocantins: qualidade química e textural do solo, produtividade da área, nível tecnológico dos produtores e desenvolvimento do valor adicionado bruto relacionado ao PIB da indústria e agropecuária. Foram levantadas 426 propriedades distribuídas em todas as microrregiões do Tocantins, sendo classificadas quanto à sua atividade, textura e fertilidade do solo, produtividade e nível tecnológico do produtor. Os Valores



Adicionados Brutos (VAB) foram consultados no IBGE, via portal SIDRA. A partir daí, foram feitos comparativos por meio da aplicação de Escalonamento Multidimensional Não Métrico – NMDS. A partir da aplicação de NMDS, não foram detectadas relações entre a riqueza de uma determinada microrregião (VAB Indústria e Agropecuária) com as suas características tecnológicas e pedológicas. Além disso, a orientação dos vetores sugere que a produtividade está relacionada mais diretamente ao nível tecnológico adotado pela propriedade.

**Palavras-chave:** pedologia, regionalização, nível tecnológico.

### ABSTRACT

Understanding the correlations that influence local development is important as it helps to understand and identify regional disparities. In this sense, the area in which economic activities take place has a decisive influence on regional development, which is directly linked to natural conditions, such as soil conditions and the availability of resources in general. The aim of this study was therefore to determine the interaction of factors in each micro-region of the state of Tocantins: the chemical and textural quality of the soil, the productivity of the area, the technological level of producers and the development of gross added value related to the GDP of industry and agriculture. A total of 426 properties were surveyed in all the micro-regions of Tocantins and classified according to their activity, soil texture and fertility, productivity and the technological level of the producer. The Gross Added Values (GVA) were consulted at IBGE, via the SIDRA portal. From there, comparisons were made using Non-Metric Multidimensional Scaling (NMDS). Using NMDS, no relationships were detected between the wealth of a given micro-region (GVA Industry and Agriculture) and its technological and pedological characteristics. Furthermore, the orientation of the vectors suggests that productivity is more directly related to the technological level adopted by the property.

**Keywords:** pedology, regionalization, technological level.

## 1 INTRODUÇÃO

Na expansão agropecuária para as regiões centro-norte do país, inicialmente foram ocupadas as áreas de maior aptidão agrícola, sendo locais com melhores condições de solo, disponibilidade hídrica e relevo. Com a ocupação agropecuária dessas áreas, houve uma demanda de infraestrutura, logística, insumos, serviços, concessão de crédito, entre outras situações que fomentam a região de influência. Atualmente, faz-se necessária a ocupação de áreas com menor capacidade de uso, ou seja, características edafoclimáticas menos favoráveis e manejo mais complexo, como exemplos, solos arenosos ou cascalhentos. Este tipo de situação é comum no Tocantins nas suas diferentes microrregiões (Silva et al., 2018).

De acordo com a Seplan-TO (2012), o estado do Tocantins possui uma área de 277.620,914 km<sup>2</sup>, representando cerca de 3,26% do território do Brasil e 7,20% da Região Norte. Aproximadamente 97,90% da superfície total do estado está inserida na Amazônia



Legal. O Tocantins conta com 139 municípios distribuídos em oito microrregiões geográficas regionalizadas pelo IBGE. Essas microrregiões são: Araguaína, Bico do Papagaio, Dianópolis, Gurupi, Jalapão, Miracema do Tocantins, Porto Nacional e Rio Formoso.

Assim, entender as correlações que influenciam no desenvolvimento local ganha importância, auxiliando no entendimento e na identificação das disparidades regionais, pois mostram as regiões que merecem maior atenção de políticas públicas, pesquisa, infraestrutura, entre outras intervenções. Nesse sentido, a área de atuação das atividades econômicas exerce uma influência determinante no desenvolvimento regional, o que está diretamente ligado às condições naturais, como condições edafoclimáticas e disponibilidade de seus recursos naturais.

Essa influência se reflete na participação do Valor Adicionado Bruto de um setor da economia, em relação ao PIB, sendo dada em termos percentuais, em particular, os da agropecuária e da indústria. Em sua análise, observa-se que caso esse valor diminua no decorrer do tempo, no período analisado, isso indicará que existe uma perda de participação. Assim, tem-se um forte indício de que o setor está se tornando menos dinâmico, ou seja, está utilizando mais insumos produzidos fora da unidade territorial estudada (exterior ou outro estado). E quando há uma crescente desses valores, o setor está agregando mais valor ao seu produto, havendo maior participação na economia (IBGE, 2019).

Nesse sentido, o objetivo desta pesquisa foi de determinar a interação entre produtividade da área, fertilidade química, granulometria do solo, nível tecnológico dos produtores e desenvolvimento do valor adicionado bruto relacionado ao PIB da indústria e agropecuária de cada microrregião do Estado do Tocantins.

## 2 DESENVOLVIMENTO

As informações dos produtores foram compartilhadas por uma instituição coparticipante, sendo uma empresa privada que atua no ramo de crédito rural no estado do Tocantins, seguindo as resoluções éticas brasileiras, em especial a Norma Operacional Conep 001/03, a Resolução CNS 466/2012 e suas complementares. O projeto foi submetido ao comitê de ética em pesquisa para aprovação da metodologia. Foram cedidos dados de 426 propriedades rurais de produtores clientes da empresa que tinham todas as informações necessárias ao desenvolvimento da pesquisa em sua rede de dados, distribuídas em todas as microrregiões do estado, sendo delas descritas a localização (microrregião), a área do imóvel (ha), a atividade rural (agricultura e/ou pecuária), a



aptidão agrícola (nível tecnológico e fertilidade do solo), o tipo de solo (fertilidade e textura), a produtividade média (agrícola – sc/ha) e/ou a capacidade de suporte (pecuária – U.A./ha.ano).

A fertilidade foi classificada em baixa, média e alta. A classe “baixa” foi para solos em que os macronutrientes (N.P.K.), a saturação de bases (V%) e de alumínio (m%) e a matéria orgânica (M.O.) estivessem abaixo dos níveis críticos de disponibilidade no solo de acordo com a exigência nutricional das culturas, sendo pastagens para a pecuária e soja e milho para a agricultura. “Média” para solos em que esses valores variassem entre acima e abaixo dos níveis críticos, e “alta” para os que dispusessem de todos os critérios acima do crítico para o desenvolvimento das plantas (Ribeiro, 1999).

Ainda segundo Ribeiro (1999), quanto à classificação da textura, foi subdividida em arenosa, média, argilosa e muito argilosa. A arenosa para os solos com teores de argila menor que 15%, textura média entre 15 e 35%, e solos argilosos com percentual de argila entre 35 e 60%, e muito argiloso com mais de 60% de argila.

Para a aplicação do sistema de aptidão de solo, foram considerados o nível tecnológico do produtor e as características edáficas das propriedades. As informações relevantes para determinar o nível de investimento dos produtores foram fornecidas pela empresa coparticipante, assim como os dados das características químicas e físicas dos solos, que por trabalhar com crédito rural, o levantamento patrimonial e a classificação do nível tecnológico dos clientes fazem parte do seu estudo. Dessa forma, esses são objetos de atenção para a elaboração do seu serviço, dando seguridade na observação desses resultados.

A fim de dar mais idoneidade aos dados coletados, quando se julgou necessário, foram feitas visitas técnicas nas propriedades dos dados cedidos. Nessas prospecções foram confirmadas as características pedológicas, a produtividade média da atividade – para atividade agrícola, a capacidade de suporte animais – em atividade pecuária, infraestrutura para o desenvolvimento da atividade, entre outras características que se fizerem necessárias.

A partir daí, com todas essas informações alinhadas, foi feita também a classificação do nível tecnológico dos produtores, sendo estratificados em A, B, e C, conforme Ramalho Filho & Beek (1995). Para tanto, os principais critérios considerados foram a infraestrutura para o desenvolvimento da atividade, a disponibilidade de mão de obra e de máquinas e implementos, tanto para a agricultura quanto para a pecuária, as médias de produtividade (agricultura) ou capacidade de suporte (pecuária), o manejo reprodutivo dos animais e a manutenção, a



conservação e a divisão das pastagens para a pecuária (tabela 1).

Tabela 1. Critérios para a classificação do nível de investimento – adaptado de Ramalho Filho & Beek (1995).

| Agrícola  |   |
|---|---|
| Classificação                                       | Critérios   |
| C – produtores com alta capacidade de investimento  | - Capacidade armazenamento de grãos e maquinário próprio<br>- Irrigação<br>- Infraestrutura e mão de obra fixa<br>- Produtividade acima da média estadual |
| B – produtores com média capacidade de investimento | - Infraestrutura e mão de obra fixa<br>- Maquinário próprio<br>- Produtividade na média estadual  |
| A – produtores com baixa capacidade de investimento | - Infraestrutura e mão de obra temporária<br>- Maquinário terceirizado<br>- Produtividade abaixo da média estadual  |
| Pecuário  |   |
| C – produtores com alta capacidade de investimento  | - Sistema de pastejo rotacionado<br>- Manejo reprodutivo por inseminação artificial<br>- Manutenção e conservação das pastagens periódicas                |
| B – produtores com média capacidade de investimento | - Sistema de pastejo tradicional<br>- Manejo reprodutivo por sincronização de cio das matrizes<br>- Manutenção e conservação das pastagens não periódicas |
| A – produtores com baixa capacidade de investimento | - Sistema de pastejo tradicional/extensivo<br>- Manejo reprodutivo tradicional<br>- Pastagens degradadas  |

Fonte: Os autores.

A determinação da correlação com os valores adicionados brutos avaliados, sendo os dados obtidos a partir de consultas de informações cedidas pelo IBGE na plataforma SIDRA, foram feitos comparativos por meio da técnica de Escalonamento Multidimensional Não Métrico ou NMDS (do inglês *Non-Metric Multi-Dimensional Scaling*). O Escalonamento Multidimensional – MDS é um método que utiliza a proximidade de objetos, sujeitos ou estímulos estudados para produzir uma representação espacial destes (HARDLE & SIMAR, 2007). A proximidade expressa a similaridade ou dissimilaridade entre eles. Essa é uma técnica de redução de dimensão, uma vez que seu objetivo é encontrar um conjunto de pontos em baixa dimensão (usualmente duas dimensões) que reflitam a configuração dos dados em alta dimensão.

Páez (2009) apresenta os modelos MDS divididos em dois grandes grupos: Métrico e Não-Métrico. Os modelos métricos consideram transformações que relacionam dissimilaridades à distâncias considerando além da ordem, os valores de dissimilaridades intrínsecos. Nos modelos não métricos, grupo de estudo aplicado nesse trabalho, doravante designados por NMDS as disparidades estão restritas somente a manutenção da ordem das proximidades.

Os valores das disparidades são arbitrários e devem obedecer somente a monotonicidade.



O NMDS ordinal é um caso especial de MDS, e possivelmente o mais importante na prática (COX & COX, 2001). Ele é usado normalmente quando, por exemplo, desejamos obter o julgamento, colocando os objetos em ordem crescente ou decrescente de importância sob a ótica de um avaliador.

A pergunta imediata feita por este trabalho foi se havia relações entre o rendimento dos sistemas produtivos e as características econômicas das microrregiões (representada pela VAB). Como o número de propriedades é limitado, não se pode considerar que aquelas levantadas em cada uma das regiões represente, de fato, representa a realidade de cada uma das microrregiões (MR). Esta condição de asseverada ainda mais nas MR em que o número amostral foi baixo. Então, a lógica da análise que será apresentada metodologicamente inverte o questionamento lógico, e o que se pretende é responder se existe identidade nas MRs, tendo em conta os descritores de cada uma delas (produtividade – pecuária e das culturas, nível tecnológicos dos produtores, fertilidade dos solos e textura dos solos). Neste caso, se houver a identidade, pode-se propor a hipótese de que as suas características sejam influenciadas pelo espaço geográfico comum ao qual estão vinculadas as propriedades.

Para respondermos a esta pergunta, fizemos uso da non-metric dimensional scaling (NMDS), uma ferramenta multivariada de análise de dados que visa, assim como muitas outras, reduzir a multidimensionalidade dos dados sem que se perca grande volume das informações originais. Realizamos a análise definindo a alocação dos pontos amostrais no espaço k-dimensional por meio de uma matriz baseada no coeficiente de Bray-Curtis. Esta solução foi adotada em todas as matrizes utilizadas nesta análise.

A matriz de dados original da pecuária (PEC) foi constituída por  $n=279$  e  $p=4$  descritores (produtividade pecuária – U.A./ha.ano, nível tecnológico do produtor-NT, fertilidade do solo-FS, textura do solo-TS). Quando utilizamos a matriz de dados das culturas agrícolas (AGR), a matriz contou com um menor número de observações ( $n=147$ ), mas maior de descritores ( $p=5$ ; produtividade da soja, produtividade do milho safrinha, nível tecnológico do produtor -NT, fertilidade do solo – FS, textura do solo – TS). Eliminamos as observações que somente tinham os dados de produtividade de milho ou de soja, reduzindo o número de observações para 116.

O objetivo da análise é reduzir a dimensionalidade da representação, sem que se perca qualidade sua. Esta qualidade foi monitorada mediante observação do stress a cada passo iterativo, buscando convergir para uma solução bidimensional. Quanto à determinação dos



valores adicionados brutos avaliados (VAB Agropecuária e Indústria), vale ressaltar que quanto aos valores de VAB da agropecuária e da indústria, foram consideradas para análise o ano de 2019, sendo o ano de avaliação mais recente, por conta da pandemia, até o momento da elaboração deste estudo.

A fim de realizar uma complementação às observações feitas pela análise multivariada, bem como pela análise descritiva oferecidas pelas tabelas e gráficos construídos preliminarmente à todas as analyses, foi desenvolvida uma análise univariada. Isto nos permitiu hipotetizar que três fatores (fertilidade do solo, textura do solo e nível tecnológico do produtor) poderiam estar relacionados com as variações de produtividade do conjunto de propriedades pesquisadas. Novamente, utilizamos a matriz PEC para verificar se estes três fatores poderiam ser bons preditores da produtividade pecuária (UA/ha.ano). Da mesma forma, a matriz AGR foi utilizada para verificar se estes mesmos preditores poderiam modelar adequadamente a produtividade do milho e da soja. Infelizmente, das nove combinações possíveis entre cada um destes fatores, ao menos uma em cada matriz não possuía nenhum indivíduo, o que nos impediu de testar a hipótese de interação.

Para tanto, realizamos uma ANOVA unifatorial, tendo a fertilidade (FS) e a textura dos solos (TS), bem como o nível tecnológico dos produtores (NT) como preditores qualitativos da produtividade pecuária (matriz PEC), da produtividade da soja e do milho (matriz AGR). Verificamos as premissas de heterogeneidade das variâncias e normalidade graficamente e por meio de testes. Havendo quebra das premissas, os dados foram transformados, primeiro utilizando o log-natural, depois para raiz-quadrado e, por último, utilizando a transformação Box-Cox. Avaliamos criteriosamente a heterogeneidade da variância, pois falhas no atendimento desta premissa podem resultar em resultados equivocados.

Quando por meio das transformações a homogeneidade de variâncias fosse atendida, mas não a normalidade preferimos aceitar o teste de inferência paramétrica ao invés de aplicar um teste não-paramétrico, em razão de aquele ser um teste mais robusto e menos suscetível à violação desta premissa. Mesmo assim, buscamos eleger aquele modelo no qual o teste de Shapiro-Wilk apresentasse o menor valor de p e as análises gráficas permitissem a mesma conclusão. Adotamos os mesmos procedimentos para analisar a matriz AGR, mas fizemos as análises da produtividade da soja separadamente da produtividade do milho, inserindo cada uma delas como variáveis resposta dos mesmos preditores utilizados na análise da matriz PEC. Como resultado, obtivemos



nove modelos (3 sistemas de cultivo x 3 fatores).

Vale destacar que os dados qualitativos (Nível tecnológico, fertilidade e textura do solo) foram classificados em números que variam de 1 a 3. O nível tecnológico é classificado em A, B e C de acordo com o Sistema de Aptidão Agrícola das Terras (Ramalho Filho & Beek, 1995). Para tanto, o nível C foi classificado como 1, o nível B como 2 e o nível A como 3. Quanto à fertilidade do solo, essa foi classificada de acordo com os níveis críticos de macronutrientes (N.P.K.), m%, V% e matéria orgânica, segundo Ribeiro (1999), em relação com a cultura. Assim, a fertilidade baixa (Valores abaixo do nível crítico), média (Valores variando entre acima e abaixo do nível crítico) e alta (Valores acima do nível crítico) foram convertidas em 1, 2 e 3, respectivamente. Já em relação à granulometria, ainda segundo Ribeiro (1999), solo de textura argilosa, média e arenosa foram convertidas em 1, 2 e 3, nessa ordem.

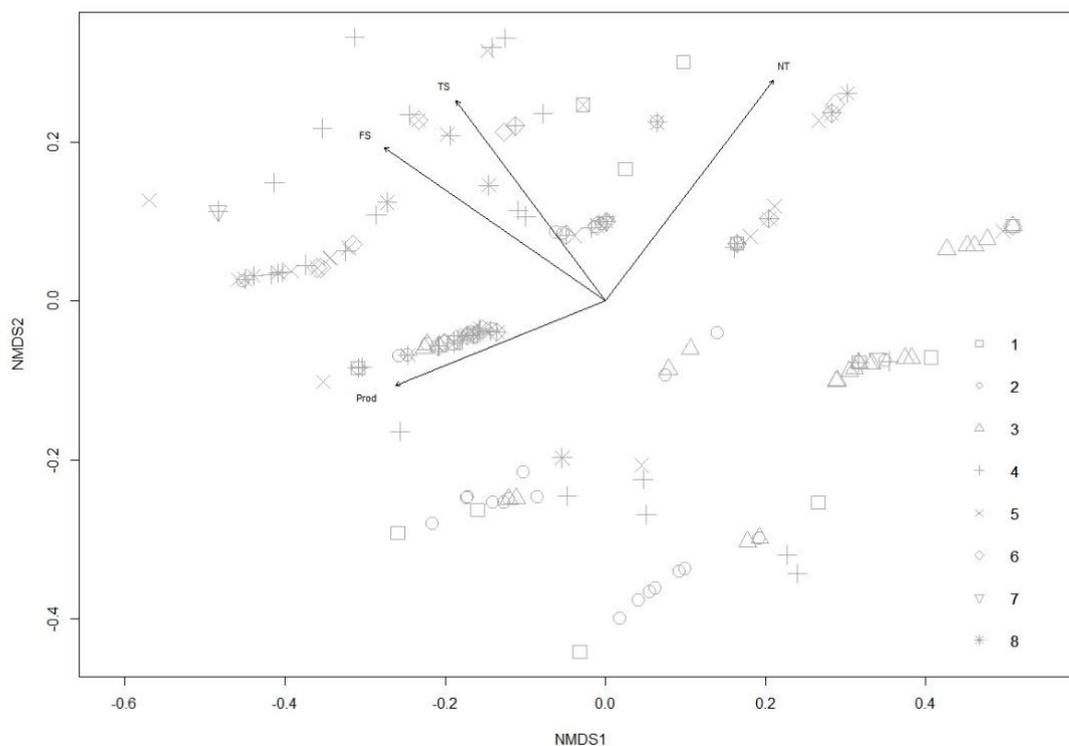
### 3 RESULTADOS

A matriz PEC (produtividade pecuária – U.A./ha.ano, nível tecnológico do produtor-NT, fertilidade do solo- FS, textura do solo-TS) encontrou a solução bidimensional mediante estabilização do stress em 0,1213. O diagrama apresentado na figura 1 resume os resultados desta análise. Nela, é possível verificar que os descritores da matriz PEC não definem nenhum padrão visualmente perceptível com a MR (Microrregiões do Estado), indicando a inexistência de relações entre a riqueza, medida pelo VAP Agropecuário e Industrial, de uma determinada região e as suas características produtivas e pedológicas.

Cada microrregião foi representada por um número, sendo 1 = Bico do Papagaio, 2 = Araguaína, 3 = Jalapão, 4 = Miracema do Tocantins, 5 = Porto Nacional, 6 = Rio Formoso, 7 = Gurupi e 8 = Dianópolis, e cada número por uma figura geométrica. Quanto às variáveis de estudo, TS = Textura do Solo, FS = Fertilidade do Solo, NT = Nível Tecnológico e PROD = Produtividade. Assim, segue a figura 4 abaixo.



Figura 1. Diagrama de ordenação resultante da aplicação da NMDS sobre os dados da matriz PEC. A legenda indica a classificação das observações (pontos do diagrama) de acordo com a sua inserção em cada uma das microrregiões.



Fonte: Os autores.

A orientação dos vetores da figura acima sugere que a produtividade está relacionada mais diretamente ao nível tecnológico adotado pela propriedade. Na prática, áreas com condições melhores ao uso agropecuário (textura mais argilosa e fertilidade mais alta) não necessariamente produzem mais do que as áreas de condições menos favoráveis, pois isso depende do nível tecnológico de manejo, refletindo em produtividade e na capacidade de suporte, independente até então das microrregiões.

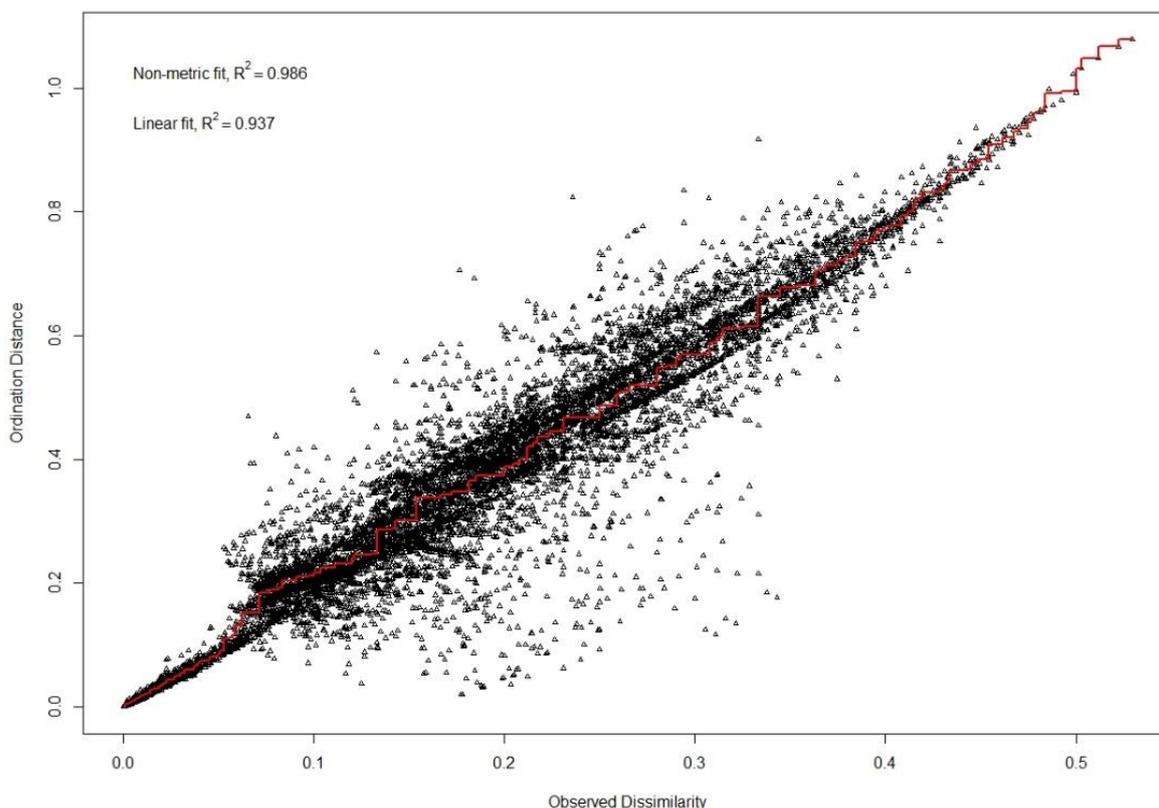
Ou seja, independente das condições naturais dos qualidades de solo de uma microrregião, de maneira geral, o nível tecnológico, que é convertido em investimentos na correção da fertilidade da área, implantação, tratos culturais, entre outras situações, sobrepõe como fator determinante à produtividade pecuária. Uma conjuntura que impulsiona tal consideração é o da migração de agropecuaristas vindos de regiões com terras mais bem avaliadas, passando a ocupar áreas de uso extensivas por aquisição ou arrendamento, Fazendas que de maneira geral são bem menos valorizadas, e por conta disso, tem-se recursos disponíveis



em escala considerável para aplicação medidas de intensificação de uso da área, como as citadas acima, que são determinantes à elevação dos níveis de produtividade (VIEIRA JUNIOR, 2016).

Quanto à figura 2, a solução bidimensional resultante da aplicação da NMDS resultou em pequena perda de informação, tendo em vista tanto o stress (0,12). Em relação ao teste de bondade de ajuste, apresentou um  $r^2$  elevado (0,94 para o ajuste linear), indicando boa idoneidade dos resultados.

Figura 2. Diagrama de Shepard utilizado como teste de bondade de ajuste do resultado obtido através da ordenação mediada pela NMDS aplicada aos dados da matriz PEC.



Fonte: Os autores.

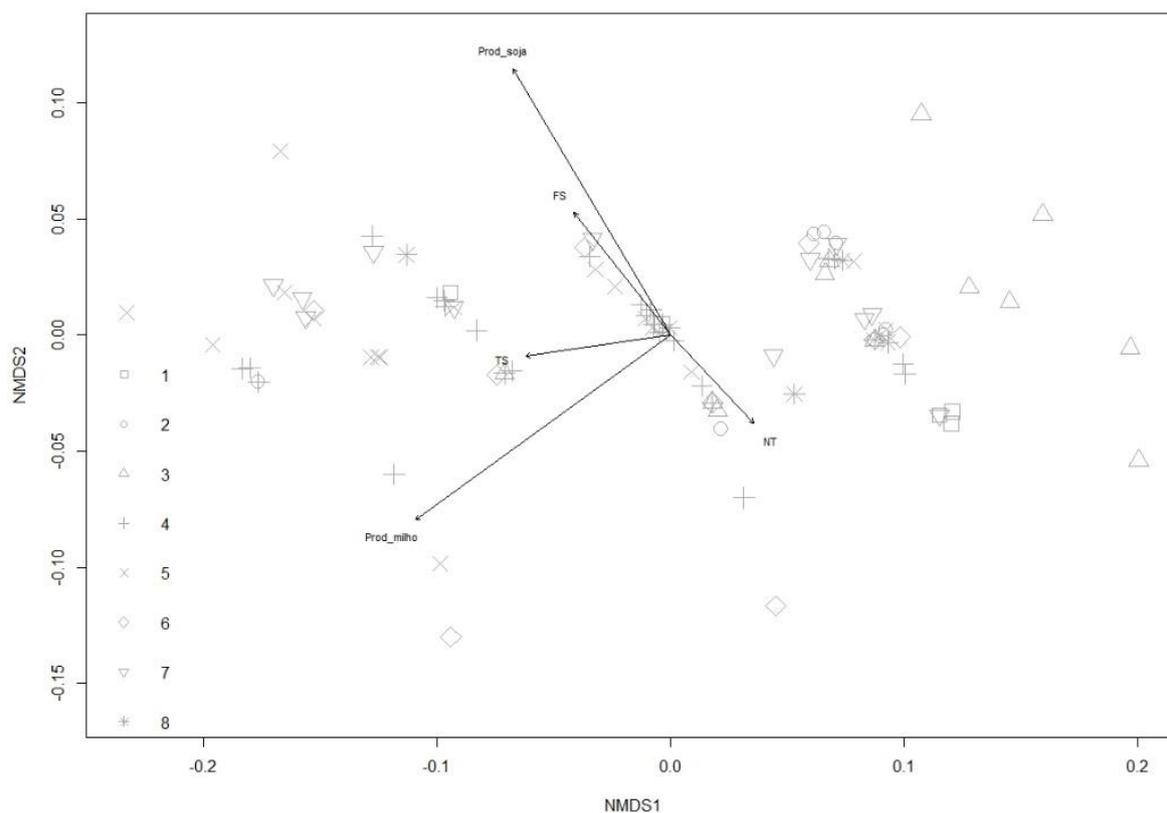
A matriz AGR (produtividade agrícola soja e milho - sc/ha), nível tecnológico do produtor-NT, fertilidade do solo- FS, textura do solo-TS, por sua vez, igualmente encontrou uma solução bidimensional, porém com um ajuste ainda mais preciso que aquele verificado para a análise anterior. Assim como na Matriz PEC, os resultados da ordenação não dão indícios de correspondência entre as MRs e os descritores produtivos e pedológicos da matriz AGR (Figura



3).

Cada microrregião foi representada por um número, da mesma forma que a anterior, sendo 1 = Bico do Papagaio, 2 = Araguaína, 3 = Jalapão, 4 = Miracema do Tocantins, 5 = Porto Nacional, 6 = Rio Formoso, 7 = Gurupi e 8 = Dianópolis, e cada número pro uma figura geométrica. Quanto às variáveis de estudo, TS = Textura do Solo, FS = Fertilidade do Solo, NT = Nível Tecnológico, Prod\_soja = Produtividade da Soja e Prod\_milho = Produtividade do Milho (Figura 3).

Figura 3. Diagrama de ordenação resultante da aplicação da NMDS sobre os dados da matriz AGR. A legenda indica a classificação das observações (pontos do diagrama) de acordo com a sua inserção em cada uma das microrregiões.



Fonte: Os autores.

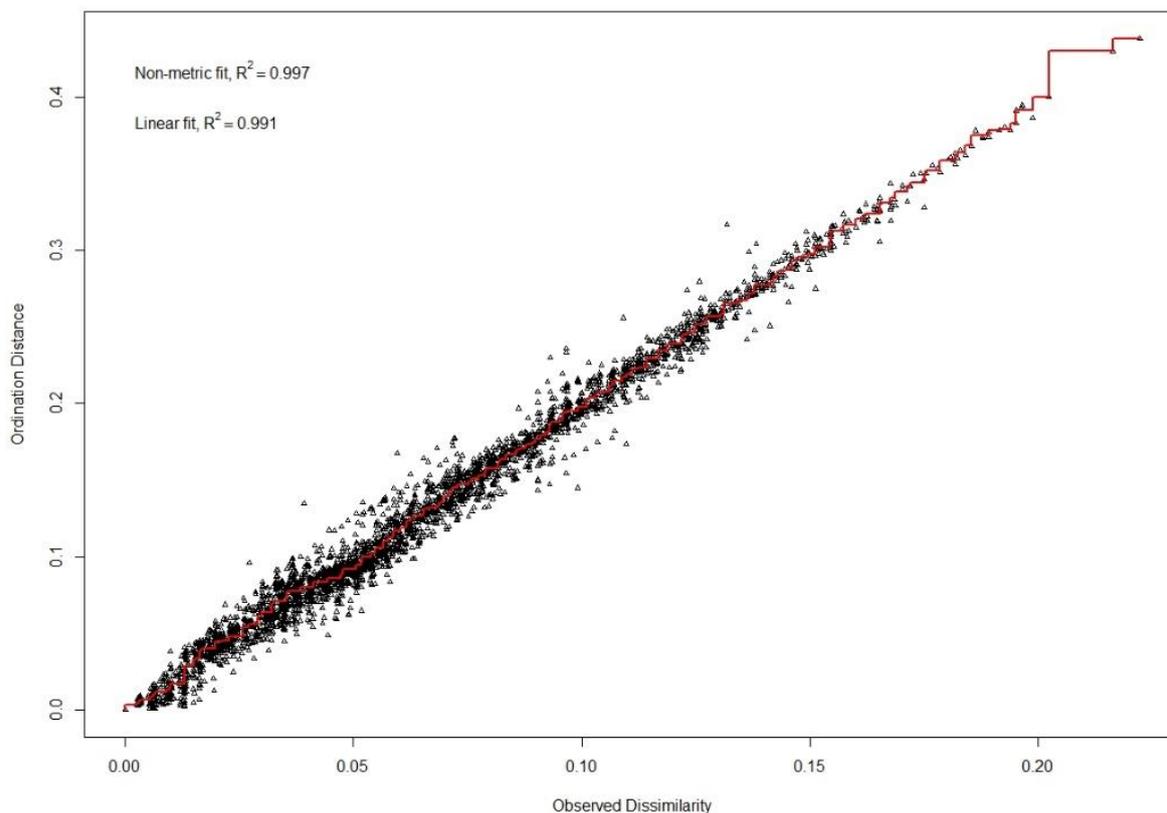
Da mesma forma que na justificativa do resultado da Matriz PEC, as situações citadas acima descritas se aplicam como fatores relevantes ao resultado da Matriz AGR. Eles são ainda mais bem detectáveis, na medida em que, de maneira geral, na agricultura faz-se valer o alto nível tecnológico empregado. Ao encontro disso, a partir da aplicação de conhecimento e



recursos, segundo Sedyama (2016), solos com menor potencial produtivo podem entregar altos rendimentos a partir de quando se entende o ponto de equilíbrio dos nutrientes, a partir das características específicas do solo e das cultivares escolhidas.

Quanto à figura 4, a solução bidimensional resultante da aplicação da NMDS resultou em pequena perda de informação, bem menor que na matriz PEC, sendo estabilizado em 0,052. Em relação ao teste de bondade de ajuste, apresentou um  $r^2$  também elevado (0,99 para o ajuste linear).

Figura 4. Diagrama de Shepard utilizado como teste de bondade de ajuste do resultado obtido através da ordenação mediada pela NMDS aplicada aos dados da matriz AGR.



Fonte: Os autores.

Quanto às análises univariadas dos dados contidos na matriz PEC, concluímos que todas os três preditores (nível tecnológico do produtor – NT, fertilidade dos solos – FS e textura dos solos – TS) afetaram a produtividade da pecuária praticada nas propriedades analisadas (tabela 2). O mesmo pode ser dito para produtividade de soja (tabela 3) e de milho (tabela 4). Em todos



elas, foi necessário a transformação dos dados (Box Plot) para que a premissa de homogeneidade de variâncias fosse atendida, conforme comprovaram os testes de Bartlett e Levene.

A tabela 2 abaixo mostra os resultados da interação da produtividade da pecuária (UA/Ha.ano) como variável resposta (Variável quantitativa) em relação com os preditores, sendo fertilidade dos solos (FS), textura dos solos (TS) e nível tecnológico das propriedades (NT) (Variável qualitativa). Podemos inferir que o Modelo 2 (Produtividade x FS) indica uma maior relação entre as variáveis, observada a partir do resultado do  $R^2$  ajustado (0.34). O valor indica que há uma relação de 34% do aumento da produtividade com o aumento da fertilidade do solo.

Tabela 2. Resultado da ANOVA bifatorial aplicada aos dados da matriz PEC, tendo como variável resposta a produtividade da pecuária (UA/Ha.ano) e preditores qualitativos a fertilidade dos solos (FS), a textura dos solos (TS) e nível tecnológico das propriedades (NT). SQ = soma dos quadrados; GL = graus de liberdade; Fcalc = valor de F calculado; p = probabilidade calculada.

| Modelo 1: Produtividade x NT; $R^2$ ajustado = 0.08 |       |     |        |                       |
|---|-------|-----|--------|-----------------------|
| Fonte   | SQ    | GL  | Fcalc  | p                     |
| NT  | 4,43  | 1   | 189.88 | $2,2 \times 10^{-16}$ |
| Erro  | 6,46  | 277 |        |                       |
| Modelo 2: Produtividade x FS; $R^2$ ajustado = 0.34 |       |     |        |                       |
| Fonte   | SQ    | GL  | Fcalc  | p                     |
| FS  | 4,89  | 1   | 144    | $2,0 \times 10^{-6}$  |
| Erro  | 9,49  | 277 |        |                       |
| Modelo 3: Produtividade x TS; $R^2$ ajustado = 0.07 |       |     |        |                       |
| Fonte   | SQ    | GL  | Fcalc  | p                     |
| FS  | 0,99  | 1   | 20.56  | $8,6 \times 10^{-6}$  |
| Erro  | 13,31 | 277 |        |                       |

Fonte: Os autores.

A tabela 3 abaixo mostra os resultados da interação da produtividade da agricultura para o cultivo de milho em safrinha (Sc/ha) como variável resposta (Variável quantitativa) em relação com os preditores, sendo os mesmo da pecuária, a fertilidade dos solos (FS), a textura dos solos (TS) e o nível tecnológico das propriedades (NT) (Variável qualitativa). Podemos também inferir que o Modelo 2 (Produtividade x FS) indica uma maior relação entre as variáveis, observada a partir do resultado do  $R^2$  ajustado (0.22). O valor indica que há uma relação de 22% do aumento da produtividade com o aumento da fertilidade do solo.

Tabela 3. Resultado da ANOVA bifatorial aplicada aos dados da matriz AGR, tendo como variável resposta a produtividade do milho (sc/ha) e preditores qualitativos a fertilidade dos solos (FS), a textura dos solos (TS) e nível tecnológico das propriedades (NT). SQ = soma dos quadrados; GL = graus de liberdade; Fcalc = valor do F calculado; p=probabilidade calculada.

| Modelo 1: Produtividade x NT; $R^2$ ajustado = 0,12 |                      |    |       |                      |
|---|----------------------|----|-------|----------------------|
| Fonte   | SQ                   | GL | Fcalc | p                    |
| NT  | $7,50 \times 10^{-}$ | 1  | 16,62 | $8,5 \times 10^{-5}$ |



|  |                       |     |       |                       |
|--|-----------------------|-----|-------|-----------------------|
| Erro   | $5,20 \times 10^{-4}$ | 114 |       |                       |
| Modelo 2: Produtividade x FS; R <sup>2</sup> ajustado = 0,22 |                       |     |       |                       |
| Fonte  | SQ                    | GL  | Fcalc | p                     |
| FS   | $9,97 \times 10^{-5}$ | 1   | 33,67 | $5,96 \times 10^{-8}$ |
| Erro   | $2,02 \times 10^{-4}$ | 114 |       |                       |
| Modelo 3: Produtividade x TS; R <sup>2</sup> ajustado = 0.15 |                       |     |       |                       |
| Fonte  | SQ                    | GL  | Fcalc | P                     |
| FS   | $1,60 \times 10^{-3}$ | 1   | 20,64 | $1,38 \times 10^{-5}$ |
| Erro   | $8,80 \times 10^{-3}$ | 114 |       |                       |

Fonte: Os autores.

A tabela 4 abaixo mostra os resultados da interação da produtividade da agricultura para o cultivo de soja em safra (Sc/ha) como variável resposta (Variável quantitativa) em relação com os preditores, sendo os mesmo da pecuária, a fertilidade dos solos (FS), a textura dos solos (TS) e o nível tecnológico das propriedades (NT) (Variável qualitativa). Diferentemente dos anteriores, o modelo que apresenta maior valor de R<sup>2</sup> ajustado (0.17) é o 3 (Produtividade x TS), indicando uma relação de 17% do aumento da produtividade com o aumento da textura do solo.

Tabela 4. Resultado da ANOVA bifatorial aplicada aos dados da matriz AGR, tendo como variável resposta a produtividade do milho (sc/ha) e preditores qualitativos a fertilidade dos solos (FS), a textura dos solos (TS) e nível tecnológico das propriedades (NT). SQ = soma dos quadrados; GL = graus de liberdade; Fcalc = valor de F calculado; p = probabilidade calculada.

|  |                       |     |       |                       |
|--|-----------------------|-----|-------|-----------------------|
| Modelo 1: Produtividade x NT; R <sup>2</sup> ajustado = 0,10 |                       |     |       |                       |
| Fonte  | SQ                    | GL  | Fcalc | p                     |
| NT   | $8,43 \times 10^{-6}$ | 1   | 12,38 | $6,2 \times 10^{-6}$  |
| Erro   | $7,69 \times 10^{-5}$ | 114 |       |                       |
| Modelo 2: Produtividade x FS; R <sup>2</sup> ajustado = 0,15 |                       |     |       |                       |
| Fonte  | SQ                    | GL  | Fcalc | p                     |
| FS   | $1,32 \times 10^{-5}$ | 1   | 20,77 | $1,31 \times 10^{-5}$ |
| Erro   | $7,20 \times 10^{-5}$ | 114 |       |                       |
| Modelo 3: Produtividade x TS; R <sup>2</sup> ajustado = 0.17 |                       |     |       |                       |
| Fonte  | SQ                    | GL  | Fcalc | P                     |
| FS   | $2,40 \times 10^{-6}$ | 1   | 24,41 | $2,69 \times 10^{-6}$ |
| Erro   | $1,10 \times 10^{-5}$ | 114 |       |                       |

Fonte: Os autores.

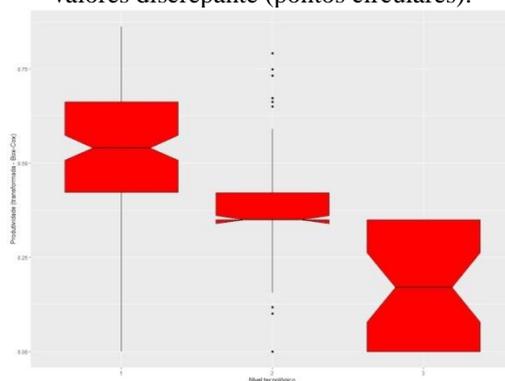
Tais conclusões indicadas corroboram com os resultados citados por Ramos et al. (2021), onde áreas de maior aplicação de medidas de correção e elevação de fertilidade do solo resultam em maior produtividade agrícolas. Esses resultados são conseguidos a partir do maior nível tecnológico do produtor, na medida em que necessitam de maior investimento. Em relação à textura do solo, segundo Sadiyama (2016), solos argilosos tendem a produzir mais do que os arenosos, com um acréscimo na produtividade em torno de 7 a 10%. Entretanto, tal disparidade pode ser equilibrada também pelo nível de tecnologia empregada, com práticas como plantio



direto para acúmulo de material orgânica.

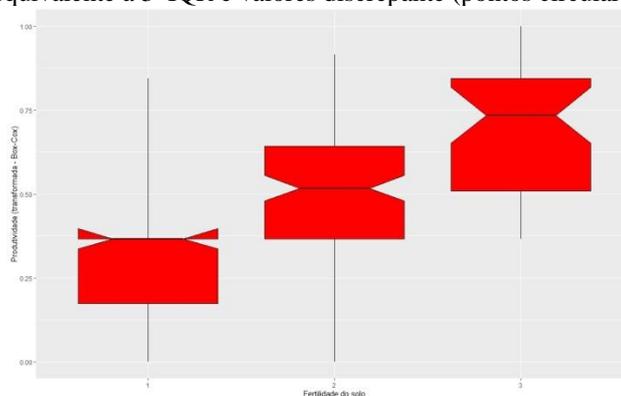
As figuras abaixo (5 a 13) são a ilustração dos box-plots da variação dos dados de produtividade da matriz PEC, AGR soja e AGR milho com os dados de nível tecnológico, fertilidade e textura do solo. Como já dito, os dados qualitativos (Nível tecnológico, fertilidade e textura do solo) foram classificados em números que variam de 1 a 3. O nível tecnológico C foi classificado como 1, o nível B como 2 e o nível A como 3. Quando à fertilidade do solo, baixa, média e alta foram convertidas em 1, 2 e 3, respectivamente. Já em relação à granulometria, solos de textura argilosa, média e arenosa foram convertidas em 1, 2 e 3, nessa ordem.

Figura 5. Box-plot ilustrando a variação dos dados da matriz PEC (Produtividade x Nível Tecnológico). A mediana (zona estrangulada do box), a amplitude interquartilica (ou IQR, definido pelo intervalo compreendido entre o primeiro e o terceiro quartis do box), e a amplitude de variação máxima e mínima (equivalente a  $3 \times \text{IQR}$  e valores discrepante (pontos circulares).



Fonte: Os autores.

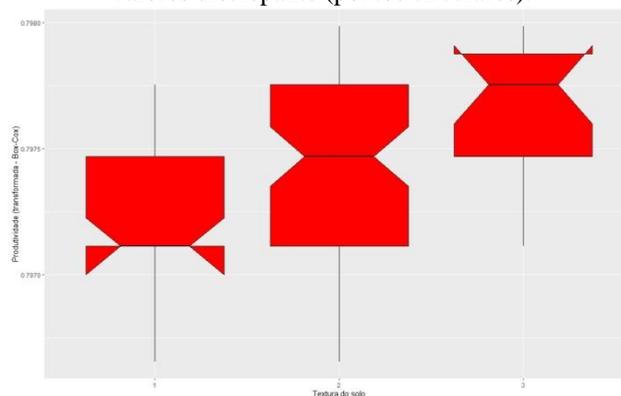
Figura 6. Box-plot ilustrando a variação dos dados da matriz PEC (Produtividade x Fertilidade do Solo). A mediana (zona estrangulada do box), a amplitude interquartilica (ou IQR, definido pelo intervalo compreendido entre o primeiro e o terceiro quartis do box), a amplitude interquartilica (ou IQR, definido pelo intervalo compreendido entre o primeiro e o terceiro quartis do box), e a amplitude de variação máxima e mínima (equivalente a  $3 \times \text{IQR}$  e valores discrepante (pontos circulares).



Fonte: Os autores.



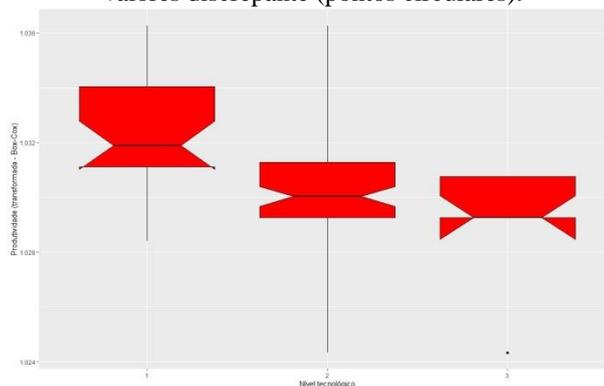
Figura 7. Box-plot ilustrando a variação dos dados da matriz PEC (Produtividade x Textura do Solo). A mediana (zona estrangulada do box), a amplitude interquartilica (ou IQR, definido pelo intervalo compreendido entre o primeiro e o terceiro quartis do box), a amplitude interquartilica (ou IQR, definido pelo intervalo compreendido entre o primeiro e o terceiro quartis do box), e a amplitude de variação máxima e mínima (equivalente a  $3 \cdot \text{IQR}$  e valores discrepante (pontos circulares).



Fonte: Os autores.

As figuras 5, 6 e 7 correspondem à interação da produtividade pecuária com o nível tecnológico, a fertilidade do solo e a textura do solo, respectivamente. De maneira geral, nas três ilustrações, há um aumento de produtividade na medida em que se aumenta o nível tecnológico, a fertilidade e a textura do solo, com a mediana (zona estrangulada do box) mais acima, observando no sentido da esquerda pra direita, na matriz PEC de Produtividade x Fertilidade (Figura 6) e Produtividade x Textura (Figura 7). Na figura 5 (Produtividade x Nível tecnológico), esse sentido fica inverso, por conta do maior nível tecnológico (Nível C) ter sido representado pelo número 1, o nível intermediário (Nível B) por 2 e o menor nível (Nível A) ter sido representado por 3, invertendo o sentido da escala.

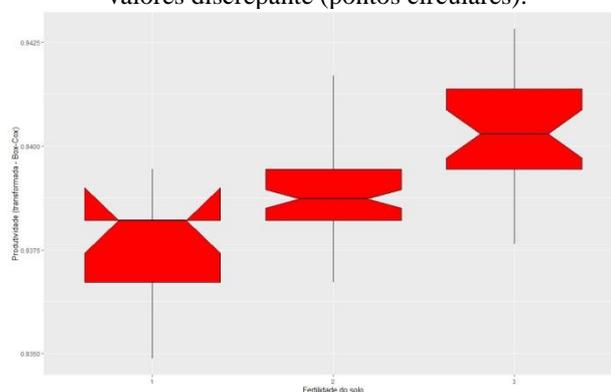
Figura 8. Box-plot ilustrando a variação dos dados da matriz AGR soja (Produtividade x Nível Tecnológico). A mediana (zona estrangulada do box), a amplitude interquartilica (ou IQR, definido pelo intervalo compreendido entre o primeiro e o terceiro quartis do box), e a amplitude de variação máxima e mínima (equivalente a  $3 \cdot \text{IQR}$  e valores discrepante (pontos circulares).



Fonte: Os autores.

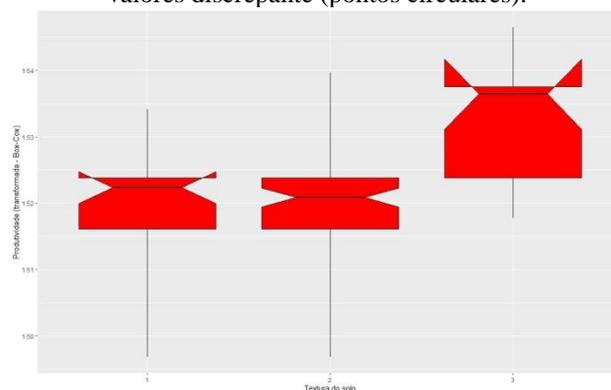


Figura 9. Box-plot ilustrando a variação dos dados da matriz AGR soja (Produtividade x Fertilidade do solo). A mediana (zona estrangulada do box), a amplitude interquartilítica (ou IQR, definido pelo intervalo compreendido entre o primeiro e o terceiro quartis do box), e a amplitude de variação máxima e mínima (equivalente a  $3 \times \text{IQR}$  e valores discrepante (pontos circulares).



Fonte: Os autores.

Figura 10. Box-plot ilustrando a variação dos dados da matriz AGR soja (Produtividade x Textura do solo). A mediana (zona estrangulada do box), a amplitude interquartilítica (ou IQR, definido pelo intervalo compreendido entre o primeiro e o terceiro quartis do box), e a amplitude de variação máxima e mínima (equivalente a  $3 \times \text{IQR}$  e valores discrepante (pontos circulares).



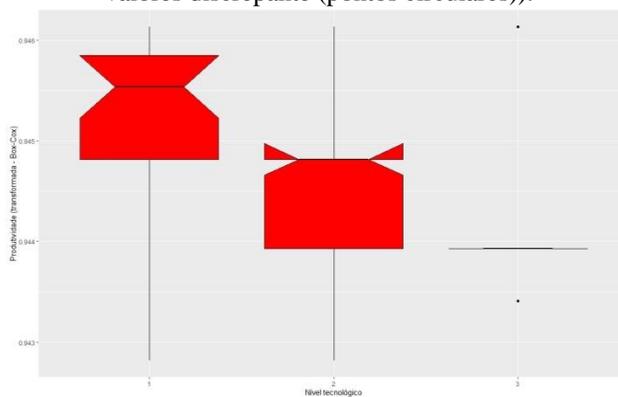
Fonte: Os autores.

Quanto à matriz AGR da soja, as figuras 8, 9 e 10 correspondem à interação da produtividade com o nível tecnológico, a fertilidade e a textura do solo, nessa ordem. De maneira geral, há um aumento de produtividade na medida em que se aumenta o nível tecnológico e a fertilidade do solo, com a mediana mais acima, observando no sentido da esquerda pra direita, na matriz AGR soja na figura 8 e 9, respectivamente. Na figura 8 (Produtividade x Nível tecnológico), esse sentido fica inverso por conta da escala de melhor para pior nível ser inversa, como explicado anteriormente. Já na figura 10 (Produtividade x Textura do solo), não há um acréscimo de produtividade entre solos de textura arenosa (Textura 1) e média (Textura 2), até com uma mediana da textura 2 abaixo da mediana da textura 1, mas com a amplitude equivalentes. Entretanto, faz-se significativamente maior quando observados os resultados de



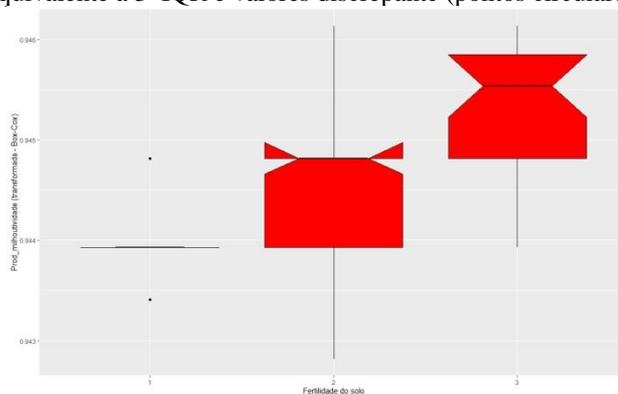
cultivo em solos argilosos (Textura 3), de certa forma indicando a mesma tendência de acréscimo de produtividade.

Figura 11. Box-plot ilustrando a variação dos dados da matriz AGR milho (Produtividade x Nível Tecnológico). A mediana (zona estrangulada do box), a amplitude interquartilica (ou IQR, definido pelo intervalo compreendido entre o primeiro e o terceiro quartis do box), e a amplitude de variação máxima e mínima (equivalente a 3\*IQR e valores discrepante (pontos circulares)).



Fonte: Os autores.

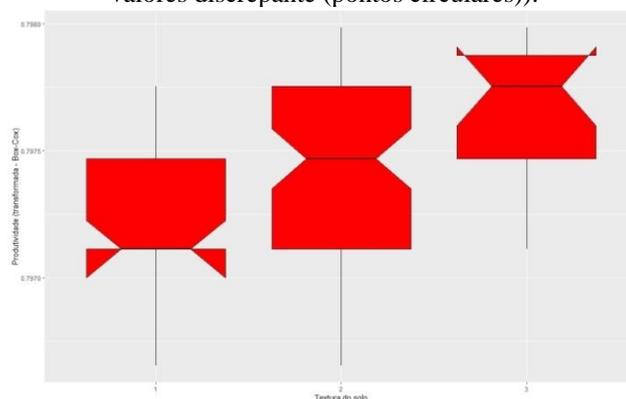
Figura 12. Box-plot ilustrando a variação dos dados da matriz AGR milho (Produtividade x Fertilidade do Solo). A mediana (zona estrangulada do box), a amplitude interquartilica (ou IQR, definido pelo intervalo compreendido entre o primeiro e o terceiro quartis do box), e a amplitude de variação máxima e mínima (equivalente a 3\*IQR e valores discrepante (pontos circulares)).



Fonte: Os autores.



Figura 13. Box-plot ilustrando a variação dos dados da matriz AGR milho (Produtividade x Textura do Solo). A mediana (zona estrangulada do box), a amplitude interquartilica (ou IQR, definido pelo intervalo compreendido entre o primeiro e o terceiro quartis do box), e a amplitude de variação máxima e mínima (equivalente a  $3 \times \text{IQR}$  e valores discrepante (pontos circulares)).



Fonte: Os autores.

Para a atividade agrícola do milho, as figuras 11, 12 e 13 correspondem à interação da produtividade do milho com o nível tecnológico, a fertilidade do solo e a textura do solo, também nessa ordem. Nas três ilustrações, há um aumento de produtividade na medida em que se aumenta o nível tecnológico, a fertilidade e a textura do solo, com a mediana (zona estrangulada do box) mais acima observando no sentido da esquerda pra direita na matriz PEC de Produtividade x Fertilidade (Figura 12) e Produtividade x Textura (Figura 13). Na figura 11 (Produtividade x Nível tecnológico), faz-se a mesma observação da matriz PEC e da matriz AGR soja, ficando esse sentido fica inverso por conta do maior nível tecnológico (Nível C) ter sido representado pelo número 1, o nível intermediário (Nível B) por 2 e o menor nível (Nível A) ter sido representado por 3, invertendo o sentido da escala. Chamam a atenção o nível tecnológico 3 da figura 11 e a fertilidade do solo 1 da figura 12, por não apresentarem amplitude de variação máxima e mínima (equivalente a  $3 \times \text{IQR}$  e valores discrepante (pontos circulares)). Isso se dá por conta de um menor número de dados coletados nessas condições e esses dados apresentarem pouca variabilidade, resultando nessa forma de ilustração do modelo.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Aparentemente, por meio de aplicação de NMDS, não foram detectadas relações entre a riqueza de uma determinada microrregião (representada pelo valor adicionado bruto relacionado ao PIB da indústria e agropecuária) com as suas características produtivas e pedológicas. Além disso, a orientação dos vetores sugere que a produtividade está relacionada



mais diretamente ao nível tecnológico adotado pela propriedade.

A produtividade está relacionada diretamente ao nível tecnológico adotado pela propriedade, assim como à fertilidade e/ou à textura dos solos.



## REFERÊNCIAS

COX, T. F.; COX, M. A. A. **Multidimensional Scaling**. 2ª Ed. ed. London: Chapman & Hall/CRC, 2001.

HARDLE, W.; SIMAR, L. **Applied Multivariate Statistical Analysis**, 2ª Ed. Berlin: Springer, 2007.

IBGE. **SIDRA**: Banco de tabelas estatísticas. Disponível em:  
< <https://sidra.ibge.gov.br/acervo#/S/Q>>. Acesso em: 15 jun. 2022.

PÁEZ, R. M. **Modelos de Clasificación y Multidimensional Scaling y su tratamiento computacional**. 2009. Dissertação (Doutorado em Estatística e Investigação Operativa). Granada: Universidad de Granada. 2009.

RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K. J. Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras. **Embrapa – CNPS**, Rio de Janeiro, 3. ed. p. 65, 1995.

RAMOS, M. R.; SOARES, M. M.; SANTOS, D. M. A. dos; UHLMANN, A. Diagnosis of the soybean production sector in Porto Nacional, Tocantins, Brazil. **Revista Brasileira de Planejamento e Desenvolvimento**, Curitiba, v. 10, n. 02, p. 242-258, 2021.

RIBEIRO, A. R. Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª Aproximação**. Viçosa, 1999.

SEDIYAMA, T. Produtividade da soja. *In*: SOARES, M.M.; SEDIYAMA, T. **Macronutrientes**. Editora Mecenaz, Londrina, PR, 2016, p.64-80.

SEPLAN – Secretaria do Planejamento e da Modernização da Gestão Pública, 2012. **Caracterização do Estado do Tocantins**. Disponível em: <https://seplan.to.gov.br/zonamento/mapas/estado-do-tocantins/>. Acessado em 29 de Janeiro de 2020.

SILVA, S. D.; BOAVENTURA, K. J.; JÚNIOR, E. D. P.; NETO, C. M. S. A última fronteira agrícola do Brasil: o Matopiba e os desafios de proteção ambiental no Cerrado. **Estudios Rurales**, Buenos Aires, v. 8, p. 145-178. 2018.

VIEIRA JUNIOR, J. E. S. **Análise das implicações da redução da atividade pecuária e aumento da atividade graneleira no estado do Tocantins**. 2016. Dissertação (Mestrado em Produção e Sistemas). São Leopoldo – RS: Universidade do Vale do Rio dos Sinos. 2016.