AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE DE PROPRIEDADES RURAIS NA REGIÃO DO OESTE PAULISTA

Lucas Prado Osco¹; Camila Dias Pinaffi¹; João Luiz Dal Ponte Filho¹; Giovana Ferraresi Guimarães¹; Fábio Fernando de Araújo¹

¹Universidade do Oeste Paulista – UNOESTE, Programa de Pós-graduação em Agronomia, Presidente Prudente - SP, Brasil. E-mail: pradoosco@gmail.com

RESUMO

Este trabalho possui como objetivo relacionar as características observadas em diferentes propriedades agrícolas com dados obtidos por imagens de satélite. Os dados consistem-se em índices espectrais e temperatura de superfície. Ao lado disso, um questionário foi aplicado com o responsável de cada propriedade. Por último, coletas de solo foram realizadas a uma profundidade de 0 a 10 cm, e analisaram-se os teores de umidade, desidrogenase e respiração. A comparação dos resultados sugere que as propriedades não atendem os requisitos básicos da agricultura sustentável. Esta ideia é reforçada pelos valores apresentados pelos índices, que apontam para uma baixa cobertura de vegetação local, pouca umidade nas folhas e também elevadas temperaturas de superfície encontradas para cada uma das propriedades estudadas.

Palavras-chave: Agricultura; Sustentabilidade; Índices Espectrais.

EVALUATION OF THE SUSTAINABILITY OF RURAL PROPERTIES IN THE OESTE PAULISTA REGION

ABSTRACT

This work aims to relate the characteristics observed in different agricultural properties with data obtained by satellite images. The data consist of spectral indices and surface temperature. Beside this, a questionnaire was applied with the person in charge of each property. Finally, soil samples were collected at a depth of 0 to 10 cm, and the moisture, dehydrogenase and respiration contents were analyzed. A comparison of the results suggests that the properties do not meet the basic requirements of a sustainable agriculture. This idea is reinforced by the values presented by the indices, which indicate a low coverage of local vegetation, low humidity in leaves and high surface temperatures found for each of the properties studied.

Keywords: Agriculture; Sustainability; Spectral Indices.

INTRODUÇÃO

No cenário agrícola atual, as práticas conservacionistas ganharam espaço, uma vez que a produção sustentável se mostrou viável para muitos proprietários que optaram por seguir as recomendações exigidas pelos órgãos e entidades nacionais ou mesmo internacionais (ALBEROLA, et al., 2008). Ainda assim, é comum que em certas áreas ou regiões os proprietários não adotem essas práticas (CILIA et al., 2014). Isto têm acarretado em uma série de problemas do ponto de vista ambiental, econômico e social (ATKINSON e MCKINLAY, 1997). A baixa diversidade de culturas e espécies animais nas propriedades tem levado à proliferação de pragas e doenças, bem como reduzido a qualidade do solo (COUTINHO, 1996).

Esta situação implica em problemas graves para a agricultura brasileira, uma vez que o desequilíbrio causado nestas áreas impacta direta e indiretamente as comunidades mais próximas (ALTIERI, 1998). Outro problema a ser salientado é a redução da produtividade, que está relacionada às práticas de manejo e gestão das áreas agrícolas. Surge, portanto, a necessidade de se buscar uma melhor forma de planejamento. De tal modo, paralelo a estas informações, tem ocorrido um elevado desenvolvimento de tecnologias voltadas para a agricultura de precisão. Essas tecnologias vêm avançando significativamente nas últimas décadas, e o uso de imagens orbitais para avaliações e monitoramento de culturas agrícolas consiste em uma alternativa de interesse científico e social (MENESES e ALMEIDA, 2012).

Nas ciências agrárias, a aplicação de índices espectrais de vegetação pode ser empregada nas pesquisas de agricultura de precisão, no estudo da fenologia de uma determinada vegetação, nas classificações espectrais, bem como nas avaliações de produtividade (MACHADO et al., 2015). O uso de geotecnologias que produzam dados, contendo a variabilidade espacial dos fatores de produção agrícola, tem como escopo principal auxiliar no gerenciamento de áreas cultivadas, otimizando a eficiência do processo produtivo (EMBRAPA, 2014). Por essa razão, a integração de dados adquiridos em campo com os dados orbitais representa um ganho significativo na análise das características do modelo agrícola (CILIA et al., 2014). Este trabalho tem por objetivo relacionar as características observadas *in locu* em propriedades agrícolas, obtidas método IDEA (Indicadores de Sustentabilidade das Explorações Agrícolas), com os resultados dos índices espectrais de vegetação e umidade e da temperatura de superfície da terra.

MATERIAL E MÉTODOS

O delineamento do trabalho consiste nas seguintes etapas: 1) identificação das características das áreas de estudo e avaliação das condições de sustentabilidade de cada propriedade; 2) aplicação de questionário proposto pelo projeto IDEA; 3) a extração dos dados de imagens de satélite, computando índices de vegetação e umidade, e da temperatura de superfície registrados nas propriedades no momento da avaliação, e; 4) compilação e análise dos dados.

Áreas de Estudo

As áreas estudadas totalizam quatro propriedades, que se encontram no interior do estado de São Paulo, na região do Oeste Paulista, nos municípios de Presidente Prudente (Propriedade I), Flórida Paulista (Propriedade II), Tarabai (Propriedade III) e Álvares Machado (Propriedade IV), cujas extensões territoriais correspondem a 34,75 ha, 1168,40 ha, 192,67 ha e 123,13 ha, respectivamente. As propriedades apresentam características semelhantes, consistindo-se em sítios particulares cuja atividade predominante é a pastagem. As áreas são compostas predominantemente por Argissolo Vermelho-Amarelo eutróficos abruptos ou não com horizonte A moderado de textura arenosa/média (PVA2), conforme a classificação apresentada pelo mapa pedológico da EMBRAPA (1999). O clima da região é classificado como Tropical Aw (KOPPEN, 1923).

Questionário Aplicado e Itens Avaliados

Conforme as diretrizes apresentadas pelo projeto IDEA, foi realizada uma entrevista do tipo “estruturada” com cada um dos proprietários, utilizando-se um questionário com perguntas fechadas, apresentadas de forma clara e objetiva ao entrevistado. Este mesmo questionário consistiu num conjunto total de 15 perguntas, que objetivaram avaliar as práticas executadas na propriedade e também as condições financeiras e de vida do proprietário, conforme a Tabela 1. Para essas perguntas, um peso específico foi atribuído com o intuito de se determinar um índice ou valor total da pontuação atingida pela propriedade. Neste caso, quanto maior o peso (que varia

de 0 a 3), melhor ou mais próximo do que se consideram sustentavelmente adequadas as condições da propriedade.

Tabela 1. Perguntas presentes no questionário e os limiares definidos para as respostas.

Pergunta	Peso 3	Peso 2	Peso 1	Nulo
1. Quantas espécies animais tem na propriedade?	> 4	2 – 4	0 - 2	
2. Quantas espécies vegetais anuais e perenes são cultivadas?	> 4	2 – 4	0 - 2	
3. Tem algum cultivo consorciado significativo?		Sim	Não	
4. A propriedade tem áreas de preservação permanente? Quantos hectares?		Mais de 10%	Sim	Não
5. A propriedade adota algum sistema de proteção do solo (curvas de nível, terrações, etc.)?			Sim	Não
6. Quanto se tem usado de adubo NPK em cada ciclo da cultura?	< 200 kg/ha	> 200 kg/ha	> 500 kg/ha	
7. Existe a presença de culturas recuperadoras de N (adubo verde)?		Duas culturas	Uma cultura	Não
8. Utiliza esterco ou chorume da própria propriedade?			Sim	Não
9. Faz lançamentos de dejetos no ambiente sem nenhum tratamento?			Não	Sim
10. Quantas pulverizações de pesticidas tem feito durante o ciclo de cada cultura?	Não faz aplicação	1 – 2	≥ 3	
11. Faz regulação do pulverizador?	Não usa	Sim	Não	
12. Faz controle biológico?		Sim		Não
13. Usa herbicidas?		Não		Sim
14. Adota o cultivo mínimo como plantio direto? Qual área?		Sim		Não
15. Faz irrigação? Tem reservatório?			Sim	Não

Elaboração de Índices Espectrais e da Temperatura de Superfície

Para a elaboração dos índices espectrais NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) e NDII (Índice de Infravermelho por Diferença Normalizada) foram utilizadas bandas do vermelho e infravermelho próximo e médio do satélite Sentinel-2B. O Sentinel-2B, por meio do seu Sensor MSI, fornece imagens nas regiões espectrais do azul, verde, vermelho e infravermelho próximo, cujos comprimentos de ondas centrais são, respectivamente, 490 nm, 560 nm, 665 nm e 842 nm, com resolução espacial equivalente à 10 metros, uma resolução radiométrica de 12 bits, e em um período de revisita a cada 5 dias (ESA, 2015). Essas imagens foram registradas no dia 07/05/2017, recebidas em valor ND (Número Digital) e corrigidas para refletância de superfície por meio da ferramenta Sentinel2-ToolBox, implementada no software SNAP 6.0.

O NDVI pauta-se, primeiramente, na aplicação de uma equação nas imagens obtidas na região do Vermelho (V) e Infravermelho Próximo (IVP), uma vez que ambas contêm mais de 90% da resposta espectral da vegetação (BARET et al., 1989). Os valores de NDVI variam entre -1 e 1. Quanto mais próximo de 1, maior a densidade de cobertura da vegetação na área. Valores próximos a zero, ou abaixo de zero, sugerem a presença de áreas desmatadas ou cobertas por água (NDOSSI e AVDAN, 2016).

O NDII, por sua vez, está relacionado ao teor de água na folha, e suas aplicações incluem monitoramento agrícola, monitoramento florestal e detecção de estresse na vegetação. De

maneira semelhante ao NDVI, o NDII varia de -1 a 1, e valores entre 0,2 e 0,6 geralmente, indicam as condições de umidade da vegetação, enquanto outros valores estão relacionados a outros aspectos de cobertura da terra (SENTINEL-HUB, 2016).

Para a temperatura de superfície (*Land Surface Temperature* – LST), a imagem utilizada pertence ao satélite LANDSAT 8, cena 222-071, registrada no dia 01/05/2017, às 13:22 horas, com baixa cobertura de nuvem. Para o presente trabalho, utilizaram-se as bandas 4 (vermelho) e 5 (infravermelho próximo) do sensor OLI e a banda 10 (termal) do sensor TIRS, ambos do mesmo satélite, para calcular o NDVI da imagem OLI, uma vez que o mesmo é necessário para determinar os valores de emissividade e, então, realizar a correção atmosférica da imagem de temperatura de superfície. Os dados foram processados no software de distribuição livre QGIS 2.18.17 LAS PALMAS (GRASSGIS 7.2) a partir da ferramenta *Raster Calculator* (QGIS) e plug-in *Land Surface Temperature*.

Coleta e Análise Microbiológica de Solos

Para determinar a atividade enzimática da desidrogenase no solo foram coletadas duas amostras de cada propriedade com o intuito de padronizar a quantidade de amostras por área, em profundidade de 0 a 10 cm. Tratam-se de amostras representativas dos principais cultivos de cada propriedade, retiradas ao acaso de uma gleba homogênea, utilizada para fins de classificação geral de qualidade de solo. As coletas foram realizadas em datas próximas ao registro das imagens (com uma semana de diferença) As amostras foram condicionadas em sacos plásticos e encaminhadas ao laboratório de Microbiologia dos Solos da Universidade do Oeste Paulista (UNOESTE), onde se realizaram as análises de umidade (%), desidrogenase (g de TTF/g), e respiração (mg de CO₂/h).

Para a desidrogenase, o método de análise baseia-se em uma modificação de Casida et al. (1964). Pesou-se 5 g de solo, com umidade proveniente de campo, em tubos-testes adicionados com 2 ml de solução de cloreto de trifênil tetrazólio (TTC) a 1% e com 1 ml de glicose. Os tubos foram selados e incubados em ambiente escuro por cerca de 18 horas, em temperatura equivalente a 25 °C. Foram também criados tubos-controles, com 2 ml de tampão TRIS 0,1 mol, com pH equivalente a 7,6 e com ml de glicose, sem o cloreto de trifênil tetrazólio. Após o período de incubação, foram adicionados aos tubos 9 ml de metanol. Posteriormente, os tubos foram agitados e filtrados. O teor de trifênil formazan (TTF), resultante da redução do TCC, foi medido com o uso de um espectrofotômetro a 530 nm.

No caso da respiração, os valores de liberação de CO₂ foram obtidos com auxílio do método condutimétrico, proposto por Rodella e Saboya (1999). Pesaram-se 50 gramas de cada uma das duas amostras de solos coletadas, que foram colocadas dentro de um frasco hermético com capacidade total para um litro de volume. Adicionou-se um bécker contendo 40 ml de solução de hidróxido de sódio (NaOH 0,025 M) de modo a absorver o CO₂ liberado pelo processo de retenção passiva. Depois, introduziu-se um bécker contendo NaOH em um frasco sem a amostra, representando o volume branco. Os frascos permaneceram incubados por um período total de 48 horas, cujas leituras de condutividade elétrica se deram por meio de um condutivímetro. Em seguida, aplicou-se o cálculo proposto por Rodella e Saboya (1999) para a determinação da quantidade de CO₂ liberada.

ANÁLISE DOS RESULTADOS

Depois de coletadas as informações referentes as condições observadas *in locu* em cada uma das propriedades, os pesos atribuídos para cada um dos questionários aplicados, e, por último, os valores de biomassa, umidade e temperatura registrados pelas imagens de satélite em cada local, avaliou-se cada uma das propriedades. A observação qualitativa dessas variáveis permitiu caracterizar as áreas de uma maneira mais holística, relacionando as informações

observadas in locu com aquelas reveladas pelos índices e os valores de temperatura extraídos das imagens de satélite.

RESULTADOS

O primeiro resultado obtido refere-se aos valores de biomassa e saúde da vegetação, correspondentes ao NDVI, para as áreas de estudo (Figura 1). Observa-se que o NDVI variou entre 0, correspondendo às áreas com nula cobertura de vegetação, e 1, que equivale às regiões com maior adensamento e formação de vegetação, geralmente de maior vigor e expressão em tamanho. As propriedades I e IV apresentaram menores amplitudes de NDVI, que variou de 0,22 a 0,74 (I) e de 0,27 até 0,76 (IV). As propriedades II e III apresentaram uma amplitude maior, com valores de NDVI entre 0,07 e 0,88 (II) e 0,10 a 0,84 (IV).

Figura 1. Comparativo do índice espectral NDVI entre as propriedades analisadas.

A avaliação de umidade na folha, elaborado a partir do NDII, encontra-se exposta logo a seguir (Figura 2). Em áreas ocupadas pela vegetação (Figura 1, representadas na cor verde) que neste índice (Figura 2) apresentaram teores de umidade superiores (de cor azul esverdeado) aos das gramíneas (Figura 2, representadas nas variações da cor marrom). Ainda assim, a ausência prolongada de chuva até a data das imagens (aproximadamente por três semanas) influenciou nos valores encontrados, uma vez que as propriedades realizam pouca irrigação mesmo nestes períodos de maior estiagem.

Figura 2. Comparativo do índice espectral NDII entre as propriedades analisadas.

A seguir, apresenta-se a temperatura de superfície (Figura 3), extraída a partir dos dados provenientes de Sensoriamento Remoto, imagem do Sensor TIRS. Os valores, convertidos para graus Celsius, variaram nas propriedades analisadas entre 25,4 e 33,4 graus.

Figura 3. Comparativo da temperatura de superfície entre as propriedades analisadas.

Em seguida, têm-se os valores obtidos com o questionário IDEA aplicado e o resultado das análises microbiológicas (atividade da enzima desidrogenase e respiração do solo) nas duas amostras de solo coletadas nas culturas empregadas para cada uma das propriedades (Tabela 2). Nesta Tabela estão contidos os valores das análises laboratoriais para cada uma das amostras, bem como o cultivo realizado no local coletado.

Tabela 2. Resultado das análises dos pontos de solos coletados e pontuação dos IDEAs aplicados.

Propriedade	IDEA	Amostra	Umidade (%)	Desidrogenase (mg de TTF/g)	Respiração (mg de CO ₂ /h)
I	14	Eucalipto	9,43	13,46	0,23
		Pasto	5,83	12,98	0,12
II	16	Pasto	15,46	10,51	0,36
		Eucalipto	13,29	12,65	0,19
III	11	Pasto	13,48	12,37	0,17
		Pasto	13,01	14,10	0,17
IV	14	Café	15,65	13,83	0,09
		Pasto	21,78	13,67	0,22

Para cada resposta do proprietário foram calculados valores específicos com base nos pesos apresentados anteriormente (Tabela 1). Estes valores foram somados e, de um total máximo de pontos a serem obtidos, aproximadamente 40 a 50% foram atingidos. Isto indica que as práticas conduzidas se encontram abaixo da média necessária, e que apresentam complicações quando referente aos padrões de sustentabilidade atualmente exigidos.

DISCUSSÃO

As propriedades não adotam práticas adequadas ou mínimas de manejo sustentável, como rotação de culturas, sistema de plantio direto, manejo integrado de pragas, adubação verde e/ou orgânica, entre outras, optando, normalmente pela criação de apenas uma espécie animal e uma ou duas espécies vegetais. Esta baixa quantidade de diversidade é um fator ruim, uma vez que promove a infestação de pragas e doenças na área (COUTINHO, 1996). Um ponto negativo a ser considerado é a ausência de práticas ou modelos mais conservacionistas, como, por exemplo, a rotação de culturas (ALBURQUERQUE, et al. 1993), o plantio direto (AMADO et al., 2001), ou mesmo a adubação em doses recomendadas de fertilizantes.

O modelo adotado nas quatro propriedades, portanto, é inadequado perante as práticas mais atuais de sustentabilidade e cultivo mínimo (ou integrado). Casida (1964) explica que os valores abaixo do adequado para a atividade da enzima desidrogenase e respiração no solo retratam situações de baixa qualidade do solo, e que não adotam práticas sustentáveis. O autor argumenta que esta condição impacta negativamente a vida microbiana ali presente, uma vez que reduz a capacidade de produção do solo, que precisam de menores valores de temperatura e melhores condições de umidade para aumentarem a sua atividade microbiológica.

As condições das propriedades, reveladas pelas vistorias em campo, podem ser relacionadas com os resultados dos índices espectrais e da temperatura de superfície. Durante a vistoria *in locu*, foi possível determinar o contexto geográfico das áreas ocupadas por mata natural, e diferencia-las de áreas ocupadas pelo cultivo de eucaliptos. Ambas as áreas apresentaram maiores valores de NDVI e NDII (de 0,61 a 0,88 e 0,20 a 0,4, respectivamente) e os menores valores de LST (de 25,2 à 28,1 °C). Esta condição se repete em todas as quatro propriedades analisadas, e está relacionada ao vigor e a densidade da vegetação ali presentes. A vegetação e a silvicultura, devido às suas características arbóreas, conseguem reter a água com maior facilidade do que as gramíneas, sobretudo em áreas que estão em tão pouca quantidade que revelam o solo.

Sobre as áreas de pastagem e solo, os valores tanto de NDVI quanto de NDII se mantiveram baixos, enquanto os valores da LST foram elevados. A explicação para esse fenômeno é que, sob os locais onde há baixa vegetação ou não há vegetação, ou mesmo sequer matéria orgânica de solo, a água tende a permanecer por curtos períodos. O solo da propriedade, devido a sua característica natural arenosa, retém pouca água. A situação, novamente, poderia ser evitada no caso de implementação de um sistema de manejo adequado, como o plantio direto, que aumenta o teor de matéria orgânica e oferece uma proteção, ainda que parcial, ao solo dos impactos pluviométricos.

CONCLUSÃO

As características expostas nas propriedades se relacionam diretamente com aquelas apresentadas nas imagens, uma vez que a falta de cuidado e o abandono parcial das áreas nesta época do ano resultam em uma série de consequências com as características do solo e das plantas. Sugere-se que os proprietários implementem práticas mais conservacionistas, com o intuito de justamente aumentar o teor de material orgânico disponível para as plantas, permitindo uma produção de melhor qualidade, e aumentando as chances de se adequar as normas e padrões exigidos para se atingir uma agricultura de sustentabilidade.

REFERÊNCIAS

- ALTIERI, MIGUEL A. 1998. Agroecologia: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável /. Porto Alegre: Editora da Universidade, 110 p
- AMADO, T. J. C. BAYER, C. ELTZ, F. L. F., BRUM, A. C. R. 2001. Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental. R. Bras. Ci. Solo, 25:189-197. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832001000100020>
- ATKINSON D., MCKINLAY R.G. (1997) Crop protection and its integration within sustainable farming systems. Agr. Ecosyst. Environ. 64, 87–93. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(97\)00026-1](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(97)00026-1)
- BARET, F.; GUYOT, G.; MAJOR, D. TSAVI: 1989. A vegetation index which minimizes soil brightness effects on LAI or APAR estimation. In: IGARSS' 89. Canadian Symposium on Remote Sensing, 12., V3, p. 1195-1197.
- CASIDA J. R, L. E.; KLEIN, D. A.; SANTORO, T. 1964. Soil dehydrogenase activity. Soil Science, v. 98, p. 371-376. <https://doi.org/10.1097/00010694-196412000-00004>

CILIA, C.; PANIGADA, C.; ROSSINI, M.; MERONI, M.; Busetto, L.; AMADUCCI, S.; BOSCHETTI, M.; PICCHI, V.; COLOMBO, R. 2014. Nitrogen status assessment for variable rate fertilization in maize through hyperspectral imagery. *Remote Sens.* 6, p. 6549-6565. <https://doi.org/10.3390/rs6076549>

COUTINHO, H.L.C. 1996. Diversidade microbiana e desenvolvimento sustentável: diversidade microbiana e agricultura sustentável. In: WORKSHOP SOBRE BIODIVERSIDADE: PERSPECTIVAS E OPORTUNIDADES TECNOLÓGICAS, Campinas, SP. [S.l.:s.n., 1996].]. 15p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2014. O produtor pergunta, a Embrapa responde. Org. Sérgio Gomes Tôsto, Cristina Aparecida Gonçalves Rodrigues, Édson Luis Bolfe, Mateus Batistella. Embrapa. Brasília, DF.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 1999. Mapa Pedológico do Estado de São Paulo: Legenda expandida. Campinas: Instituto agrônomo; Rio de Janeiro: Embrapa solos, escala 1:1:000:000.

ESA. European Space Agency. 2015. Document – Sentinel-2 User Handbook. ESA Standard Document. Issue 1, Rev. 2, 64p.

MACHADO, M. L.; PINTO, F. A. C.; QUEIROZ, D. M.; JÚNIOR, T. J. P.; VIEIRA, R. F. 2015. Estimativa de severidade do mofo-branco em lavouras de feijão utilizando-se sensores hiper e multiespectral. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental.* v. 19, n. 5, p. 426-432. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n5p426-432>

MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. 2012. Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto. BRASÍLIA, 276 p.

KÖPPEN, W. 1923. Die klimate der Erde. Berlin: W. Guyter. 369 p.

NDOSSI, M. I.; AVDAN, U. 2016. Application of Open Source Coding Technologies in the Production of Land Surface Temperature (LST) Maps from Landsat: A PyQGIS Plugin. *Remote Sensing.* n. 8, p. 4-13.

RODELLA, A. A.; SABOYA, L. V. 1999. Calibration for conductimetric determination of carbon dioxide. *Soil Biol. Biochem.*, v. 31, p. 2059-2060. [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(99\)00046-2](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(99)00046-2)

SENTINEL-HUB. Sinergise Documentation EO Products. Sentinel 2 EO Products. Disponível em: https://www.sentinel-hub.com/develop/documentation/eo_products/Sentinel2EOproducts. Acessado em: 30/08/2018.