



USO DE SENSORIAMENTO REMOTO PARA ESTIMATIVA DO FLUXO DE CARBONO (CO<sub>2</sub>FLUX) E ÍNDICE DE ESTRESSE HÍDRICO DA CULTURA (CWSI) EM CAFEZAIS NO PLANALTO DA CONQUISTA  
LIBARINO-SILVA, J.P.<sup>1</sup>; MORAIS, J.L.C<sup>2</sup>; CASTRO, I.T.P<sup>2</sup>; VIEIRA, J.A.O<sup>1</sup>; SOUSA, A.I.R<sup>3</sup>; LEMOS, O.L<sup>4</sup>

[jplibarinosilva@gmail.com](mailto:jplibarinosilva@gmail.com)

**Resumo:** A região do Planalto da Conquista é destacada como sendo a maior produtora de cafés do Nordeste, sendo esse motivo da grande importância econômica, social e ambiental. No entanto, o café, assim como as demais culturas das mais diversas localidades, também vem sofrendo os efeitos das mudanças climáticas. Atualmente, o uso dos índices espectrais para estimativa de parâmetros fisiológicos/agronômicos tem se mostrando bastante eficiente em contraste aos métodos tradicionais. Dentre estes, frente um cenário cada vez mais submisso as mudanças climáticas, destaca-se o Índice de estresse da cultura (CWSI) e o índice de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>FLUX). O objetivo desse trabalho foi correlacionar os índices através do sensoriamento remoto, sendo utilizado a coleção Landsat 8, para cálculo do CO<sub>2</sub>FLUX e a coleção do MODIS para cálculo do CWSI. Os resultados mostraram confiança de 45% na equação gerada e correlação de Pearson negativa de 67,5%.

Palavras-chave: Cafeicultura. Google Earth Engine. Dióxido de Carbono.

## 1. Introdução

A região do Planalto de Vitória da Conquista apresenta a maior área plantada de café do Nordeste brasileiro, produzindo um dos melhores cafés do Brasil, com grande notoriedade e reputação no mercado, tanto pelo seu aspecto, quanto pela sua bebida de alta qualidade (DUTRA NETO, 2004).

O uso de índices espectrais para avaliação de características biofísicas tem sido um grande avanço no levantamento de dados para cafeicultura, principalmente por seu caráter temporal e baixo custo. Dentre esses, frente ao cenário atual de mudanças climáticas e seus efeitos na agricultura, destacam-se o Índice de Estresse Hídrico da Cultura - CWSI e o Índice de Fluxo de Carbono - CO<sub>2</sub>FLUX. Enquanto o CWSI estima o estresse da cultura frente ao déficit de água, o índice CO<sub>2</sub>FLUX mede a eficiência do processo de sequestro de carbono pela vegetação (SILVA & BAPTISTA, 2015).

O estudo das variáveis CWSI e CO<sub>2</sub>FLUX está diretamente relacionado com as respostas da vegetação às variações climáticas, influenciando seu balanço fisiológico de trocas gasosas (CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O). Nesse sentido, o objetivo deste trabalho é compreender os processos e/ou relações, por meio de índices espectrais, da dinâmica do fluxo de carbono em função do estresse hídrico em áreas de cafezais, no município de Encruzilhada/Ba.

## 2. Metodologia

As áreas de estudo compreendem a cidade de Encruzilhada - BA, a qual faz parte do Planalto da Conquista. O período de avaliação dessas áreas compreendeu os anos de 2015 e 2021, totalizando 24 meses. Dados obtidos pelo sensor *CHIRPS*, registraram que estes períodos foram marcados por uma grande variabilidade de pluviosidade, sendo 2015 um ano seco (média de 680,4 mm/ano) e 2021 considerado ano chuvoso (média de 1157,9 mm/ano), para obter contraste.

Todos os processos de delimitação das áreas de estudo, filtragem e processamento das imagens de satélite foram feitos na plataforma Google Earth Engine e posteriormente exportou-se as tabelas (cvs) para as análises estatísticas no Excel 2016. Inicialmente, foi delimitado a área de estudo por meio do arquivo shapefile do município fornecido pelo site do Cadastro Ambiental Rural (CAR). A partir daí, utilizou-se a coleção de imagens Landsat 8 (LANDSAT/LC08/C02/T1\_TOA), com filtros do ano, de nuvens e máscaras contendo as correções de escala. Posteriormente, conforme a descrição de Rahman et al., (2000), foi aplicado às expressões matemáticas de normalização diferenciada (NDVI e PRI) a coleção de imagens para obtenção do índice CO<sub>2</sub>FLUX.

Para a obtenção do CWSI, foi utilizado a coleção de dados do sensor MODIS (MODIS/061/MOD16A2GF), seguindo o mesmo passo a passo de delimitação da área, aplicação de filtros e exportação das planilhas para análise estatística. Este sensor tem como característica ter as próprias bandas de evapotranspiração (ET e PET). Com isso, criou-se as funções e aplicou-se a expressão matemática descrita por Albuquerque e Gomide (1998), chegando então aos valores de índice de estresse hídrico da cultura para as regiões delimitadas anteriormente.

As análises estatísticas das planilhas, exportadas da plataforma Google Earth Engine, foram feitas por meio do software *Excel 2016*. Após calcular as médias das repetições, cinco subáreas de café dentro da área delimitada, aplicou-se o teste de Lilliefors e Bartlett para verificar a normalização dos dados. A partir da constatação da normalização dos dados, foi então calculado a correlação de Pearson, com o somatório dos dados dos 24 meses, entre as variáveis do índice de estresse hídrico da cultura (CWSI) e índice de fluxo de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>FLUX) em período seco (2015) e chuvoso (2021).

## 3. Resultados e Discussão

Em seu trabalho, Khomarudin e Sofan (2010), ordenou a variação dos valores do CWSI em quatro classes, sendo: sem estresse hídrico ( $<0.6$ ), baixo estresse hídrico (0.6-0.7), estresse hídrico médio (0.7-0.8) e estresse hídrico alto ( $>0.8$ ). Observando a Tabela 1, é possível verificar que o valor médio do CWSI (0.480) se enquadraria como 'baixo estresse hídrico'. Em relação à média do CO<sub>2</sub>FLUX (0.315) é considerado um valor alto. Resultados parecidos foram encontrados por Folharini e Oliveira (2017) com média de CO<sub>2</sub>FLUX de 0,33 a 0,43. Nesse sentido, é possível notar que os dados obtidos de CWSI e CO<sub>2</sub>FLUX estão de acordo com demais trabalhos, com relação inversamente proporcional.

Tabela 1 – Análise descritiva do índice de estresse da cultura (CWSI) e o índice de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>FLUX) das áreas de café do município de Encruzilhada – BA.

Variável	Observ.	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão.
CWSI	72	0.262	0.690	0.480	0.109
CO <sub>2</sub> FLUX	72	0.164	0.431	0.315	0.060

Segundo Barros (2019), as plantas sob estresse hídrico mantêm seus estômatos parcial ou totalmente fechados, como forma de minimizar a perda de água e manter o turgor foliar, uma característica importante para a tolerância à seca. A partir da análise do Figura 1, é visto que a equação é possível de estimar os dados em 45% dos casos, enquanto a correlação negativa entre as variáveis é de 67,5% (Tabela 2).

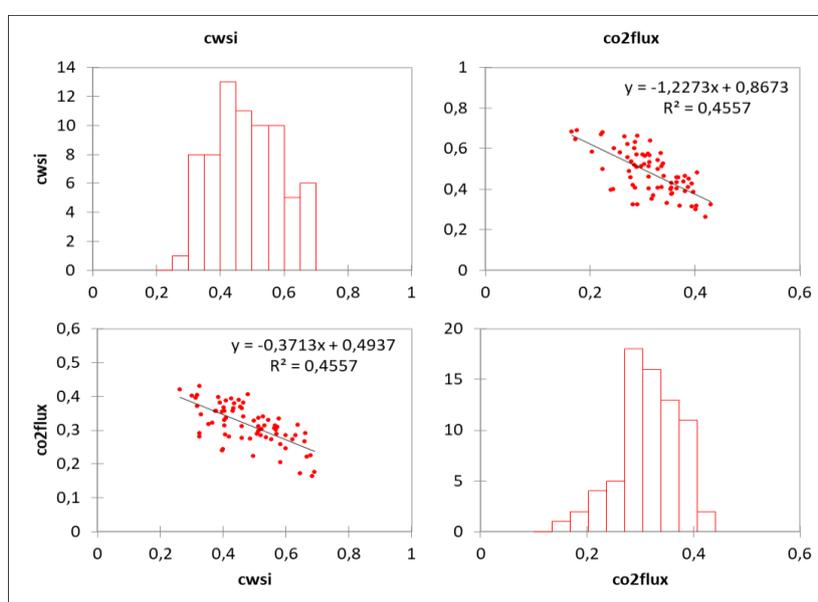


Figura 1 - Correlação de Pearson entre as variáveis índice de estresse da cultura (CWSI) e o índice de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>FLUX) das áreas de café do município de Encruzilhada – BA.

Variável	CWSI.	CO <sub>2</sub> FLUX
CWSI	1	-0.675
CO <sub>2</sub> FLUX	-0.675	1

Tabela 2 - Matriz de correlação de Pearson das variáveis índice de estresse da cultura (CWSI) e o índice de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>FLUX) das áreas de café do município de Encruzilhada – BA.

#### 4. Conclusão

Com os resultados obtidos, conclui-se que foi possível compreender os processos e/ou relações da dinâmica do fluxo de carbono de áreas de cafezais em função do índice de estresse hídrico da cultura, estabelecer correlação negativa entre estas duas variáveis.

## 5. Agradecimentos

Agradeço a FAPESB pela concessão de bolsa de iniciação científica, para que a pesquisa fosse viabilizada.

## 6. Referências

Albuquerque, P. E. P. de; Gomide, R. L.. Crop water stress index for beans obtained from temperature difference between canopy and air. **Inter Regional Conference Environment-Water-Innovative Issues In Irrigation And Drainage**, Lisboa, v. 1, n. 10, p. 189-196, dez. 1998.

Barros, T. H. da S.. **Imagens termais: detecção espacial de estresse hídrico nas plantas e suas relações fisiológicas com a produção agrícola**. 2019. 148 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Sistemas Agrícolas, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (Esalq/Usq), Piracicaba, 2019.

Dutra Neto, C. Café e Desenvolvimento Sustentável: perspectivas para o desenvolvimento sustentável no Planalto de Vitória da Conquista. Vitória da Conquista: UESB, 2004. 168 p.

Folharini, S. O.; Ribeiro, J. C.; Oliveira, R. C. de. Cálculo do Índice Espectral CO2FLUX em área de mata atlântica e sua relação com processos gravitacionais no município de Cubatão. **Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento: I CONGRESSO NACIONAL DE GEOGRAFIA FISICA**, Campinas, v. 1, n. 1, p. 4642-4653, jul. 2017.

Khomarudin, M.R.; Sofan, P.. Crop water stress index (cws) estimation using modis data. **International Journal Of Remote Sensing And Earth Sciences (Ijreses)**, Indonesia, v. 3, n. -, p. 80-84, 11 out. 2010.

Rahman, A. F.; Gamon, J. A.; Fuentes, D. A.; Roberts, D. A.; Prentiss, D. Modeling spatially distributed ecosystem flux of boreal forest using hyperspectral indices from AVIRIS imagery. *Journal of Geophysical Research*, v. 106, n. D24, p. 33,579-33,591, 2000.

Ramirez, G. M.; Zullo Júnior, J. Estimativa de parâmetros biofísicos de plantios de café a partir de imagens orbitais de alta resolução espacial. **Engenharia Agrícola**, [S.L.], v. 30, n. 3, p. 468-479, jun. 2010.

Silva, S. C. P. da; Baptista, Gustavo Macedo de Mello. Análises espectrais da vegetação com dados hyperion e sua relação com a concentração e o fluxo de CO<sub>2</sub> em diferentes ambientes na Amazônia Brasileira. **Boletim de Ciências Geodésicas**, [S.L.], v. 21, n. 2, p. 354-370, jun. 2015.