

**CALENDÁRIO DE MANEJO BASEADO NA VARIABILIDADE PLUVIOMÉTRICA
PARA O USO DO FOGO EM PRÁTICAS AGRÍCOLAS NA MICRORREGIÃO DE
CASTANHAL/PA****RAINFALL-BASED MANAGEMENT CALENDAR FOR FIRE USE IN
AGRICULTURAL PRACTICES IN THE CASTANHAL MICROREGION, PA**

Reinaldo Matheus Reis RIBEIRO¹
Giordani Rafael Conceição SODRÉ²

Resumo: O uso do fogo, principalmente em áreas rurais, como técnica de preparo e limpeza do solo para a plantação ou adequação de terrenos de forma incorreta e sem o uso de ferramentas mitigadoras podem levar a grandes registros de queimadas e incêndios florestais. Esta pesquisa tem como objetivo auxílio para uso mais consciente e eficaz do fogo, que ao se basear pela variabilidade da precipitação possa mitigar os impactos desta técnica e reduzir o número de focos de incêndios durante o período com menores acumulados pluviométricos, portanto menos chuvosos. Com elaboração de calendários para serem aplicados em anos normais e anos com a presença de El Niño ou La Niña, o enfoque das análises foram para o segundo semestre (junho a novembro) do ano de 2021, cujo padrão do acoplamento oceano-atmosfera mostram a presença da La Niña, e durante todos esses seis meses o comportamento da precipitação observada e a precipitação da média móvel diárias mostraram-se em concordância, ratificando que o calendário pode ser aplicado a outras microrregiões do estado do Pará.

Palavras-chave: Agrometeorologia; Clima; Queimadas.

Abstract: The use of fire, especially in rural areas, as a technique for preparing and cleaning the soil for planting or adapting land incorrectly and without the use of mitigating tools can lead to large records of fires and forest fires. This research aims to help for a more conscious and effective use of fire, which, based on the variability of precipitation, can mitigate the impacts of this technique and reduce the number of fire outbreaks during the period with lower accumulated rainfall, therefore less rainy. With the elaboration of calendars to be applied in normal years and years with the presence of El Niño or La Niña, the focus of the analyzes was for the second semester (June to November) of the year 2021, whose ocean-atmosphere coupling pattern shows the presence of La Niña, and during all this six months the behavior of the observed precipitation and the precipitation of the daily moving average showed to be in agreement, confirming that the calendar can be applied to other microregions in the state of Pará.

Keywords: Agrometeorology; Climate; fires.

Introdução

As queimadas estão historicamente introduzidas nos processos agrícolas na Amazônia. Segundo Leonel (2000), o uso do fogo já vem sendo utilizado em pequenas propriedades por caboclos amazônicos e por indígenas. Todavia a utilização do fogo de forma equivocada por produtores de pequenas e médias propriedades rurais elevou o índice de focos de incêndios na

¹ Graduado em Meteorologia pela Universidade Federal do Pará. mribeiroreis2001@gmail.com.

² Dr. em Ciências Ambientais. Meteorologista pela Universidade Federal do Pará. giordani@ufpa.br.

Amazônia, ocasionando muitas vezes a perda de grandes áreas florestais, a fauna e a biodiversidade local e também acelerou o processo de empobrecimento do solo amazônico (FEARNSIDE, 2002; PEDROSO JR et al., 2008).

Atualmente, os produtores rurais do país ainda fazem a utilização do fogo da forma tradicional. Em regiões mais carentes, como Norte e Nordeste, tal prática é mais comum. A oposição destes produtores ao entendimento de novos mecanismos que permitem dissuadir a prática de uso do fogo, tem causado a continuidade de recortes de queimadas em todo o país (GONÇALVES, 2005; SCHROEDER et al., 2009).

Segundo o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), cerca de 85% dos focos de queimada registrados no país nos últimos anos deram-se em território da Amazônia Legal, sobretudo nos estados do Pará, Maranhão, Tocantins, Rondônia, Mato Grosso e Acre, os quais compreendem a Zona do Arco do Desmatamento.

De acordo com Ferreira e Salati (2005), o formato acerca do desmatamento e queimadas deriva da prática de ocupação realizada pelos governos militares durante a década de 1970, orientada pela integração nacional, na qual o desmatamento era forma hegemônica de validar a posse de terra, permanecendo até nos dias de hoje, uma vez que pastagens e áreas abertas são entendidas como benfeitorias nos processos de validação de posses. Com o histórico de escassez de recursos financeiros por parte dos produtores de pequeno e médio porte da região amazônica para adquirir máquinas pesadas para a remoção das árvores derrubadas e o uso do fogo ser considerado um método barato para preparar a terra para o plantio de cultura, existe uma racionalidade particular ao uso desta ferramenta, haja vista que o fogo é utilizado como estimulante para o crescimento de gramíneas e também para matar plantas hostis que invadem as áreas de pastagens (ALENCAR et al., 1997; NEPSTAD et al., 1999a, 2001).

Em condições equilibradas e com os cuidados concernentes ao clima, tipo de solo e a outros fatores, o uso do fogo em práticas agrícolas pode ser proveitoso como trato cultural. Em muitos ambientes, as queimadas fazem parte do ecossistema local, e que os malefícios à fauna são relativos, havendo, em alguns casos, crescimento das populações em áreas incendiadas (SOUSA, 2010).

Portanto, é de suma importância a elaboração de um Calendário de Manejo baseado na variabilidade pluviométrica para o uso do fogo, levando-se em conta as condições da densidade de focos de calor sobre as formas de uso e ocupação do solo, principalmente sobre regiões em que o setor agropecuário é o fator importante para a economia, como no caso dos municípios que compõem a microrregião em estudo.

Devido à alta densidade populacional na região de estudo, que é bastante expressiva, atingindo 406,70 habitantes por quilômetro quadrado, e ao desenvolvimento dos municípios que a compõem, esta pesquisa surge como um auxílio para promover o uso mais consciente e eficaz do fogo. A abordagem baseia-se na variabilidade da precipitação, visando mitigar os impactos dessa técnica e reduzir o número de focos de incêndio durante períodos de acumulação pluviométrica mais baixa, ou seja, em épocas menos chuvosas.

Material e Métodos

Área de Estudo

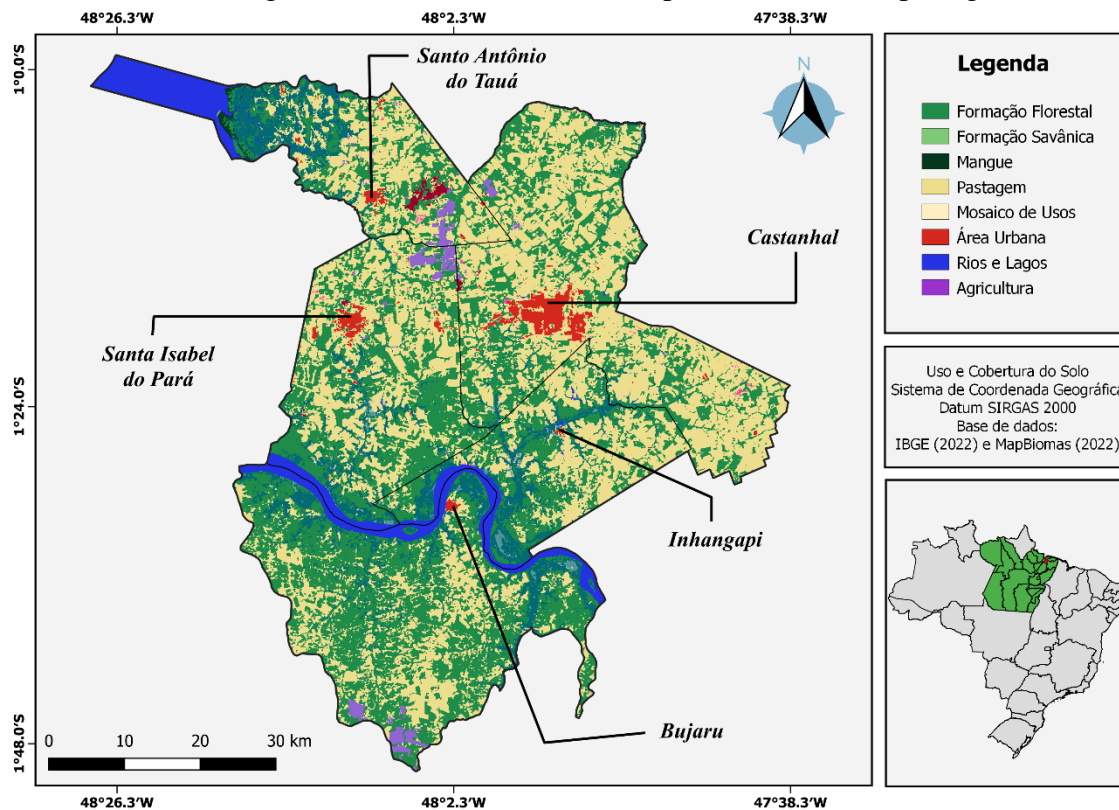
A microrregião de Castanhal localiza-se no nordeste do Pará (Figura 1), composta por cinco municípios (Bujaru, Castanhal, Inhangapi, Santo Antônio do Tauá e Santa Isabel do Pará). Sua extensão territorial é de aproximadamente 3.778 km² e possui um quantitativo de 343.919 habitantes. A região é cortada pelo Rio Guamá, que possui algumas afluentes que se ramificam dentro do território.

Cada município que compõem a microrregião apresenta características distintas, principalmente na questão de arrecadação, que corroboram para o seu Produto Interno Bruto (PIB) e os setores que mais ajudam no seu desenvolvimento. Segundo dados do IBGE (2018), o município de Castanhal possui cerca de 205.667 habitantes, com seu PIB na marca de R\$ 4 bilhões de reais e sua principal atividade econômica fica por conta do comércio, servindo como subsídio para municípios próximos. Inhangapi, com 11.559 habitantes, apresenta um PIB de aproximadamente R\$ 120,1 milhões de reais, com a agropecuária e serviços se destacando como os setores econômicos mais produtivos. O município de Santa Isabel do Pará é composto por 68.836 habitantes e seu PIB é de R\$ 796,7 milhões de reais, com destaque para a agropecuária e serviços. Bujaru apresenta uma população de aproximadamente 28.016 habitantes, com seu PIB em torno de R\$ 415,5 milhões de reais, com a agropecuária mostrando-se com o setor mais participativo na economia. Em Santo Antônio do Tauá, sua população estimada é de 31,482 habitantes e um PIB de R\$ 385,9 milhões de reais, sendo impulsionado pelos setores de serviços e agropecuária.

De modo geral, a microrregião é movimentada, economicamente, pela agropecuária e serviço, com ambos corroborando para a dinâmica mais firmada na relação da cobertura e uso

do solo, pela necessidade de terrenos para executar a plantação de culturas e cultivos e a implantação de estrutura que facilitem o andamento de todo o processo de cada setor.

Figura 1 – Localização da microrregião de Castanhal, disposta sobre a região nordeste do Pará. O mapa principal destaca o uso e cobertura do solo sobre cada município que compõe a microrregião analisada, evidenciando a predominância da pastagem.



Fonte: Autores (2022).

Dados

Ao longo desta pesquisa foram utilizadas algumas variáveis meteorológicas e ambientais, como precipitação, queimadas (focos de calor) e uso do solo. Os dados de precipitação pluviométrica são produtos gerados através de sensoriamento remoto e validados através de estações meteorológicas em superfície, disponibilizados pelo *Climate Hazards Center (CHC)*, formando um conjunto de dados, cuja resolução temporal é diária e a espacial é de 0.05° , conhecidos como *Climate Hazards Group Infrared Precipitation with Station Data (CHIRPS)*.

Em relação aos de queimadas, também denominado como focos de calor, foram extraídos do Banco de Dados de Queimadas (BD Queimadas), disponibilizados pelo INPE. Estes produtos de focos de calor são gerados através de imagens de satélites em órbita polar da

série NOAA EOS (TERRA; AQUA – Sensor MODIS) e de órbitas geoestacionárias, GOES e METEOSAT (ANDERSON et al., 2005; 2017).

Os dados de uso e cobertura do solo da microrregião foi adquirido através do IBGE, o qual coordena um projeto sobre forma de uso do solo e que tem como finalidade acompanhar as variações na cobertura vegetal do Brasil a cada dois anos. A última verificação publicada em 2016 exhibe as variações realizadas entre 2012 e 2014, neste intervalo, cerca de 4,6 % do território brasileiro sofreu algum tipo de mudança. Esta taxa de variação é maior que a observada no período anterior (2010-2012), que foi de 3,5 %. Parte desta diferença deve-se à atualização motivada pela disponibilização de novos materiais, como os novos mapeamentos estaduais de vegetação e de uso da terra, publicados pelo IBGE, e as imagens de satélite LANDSAT 8, cuja delegação ocorreu em 2013. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2016), os tipos de solo são classificados em: 1. Área Artificial; 2. Área Agrícola; 3. Pastagem com Manejo; 4. Mosaico de Ocupações em Área Florestal; 5. Silvicultura; 6. Vegetação Florestal; 9. Área Úmida; 10. Vegetação Campestre; 11. Mosaico de Ocupações em Área Campestre; 12. Corpo D'água Continental; 13. Corpo D'água Costeiro; 14. Área Descoberta.

Métodos

Inicialmente foi realizado o cálculo da densidade de calor, que consiste e contabilizar os números de queimadas registradas sobre cada tipo de solo, para assim definirmos quais classes de solo são mais propícias à incidência de queimadas. Desta forma fez-se o uso do software *Qgis* para executar a divisão territorial e seus respectivos tipo de uso e cobertura do solo.

Foi utilizada a série climatológica de precipitação sobre o estado do Pará, no período de 1981 a 2021 (40 anos). Adotando a metodologia proposta por Sodré et al. (2018), a qual consiste em extrair a série de precipitação e calcular a média climatológica da área. A extração de série climatológica por ponto de latitude e longitude foi realizada utilizando o software GrADS. Após o tratamento, os arquivos contendo as informações de precipitação foram inseridos em uma planilha do Excel para que pudessem ser calculadas as médias climatológicas de área da precipitação diária.

Aplicou-se a média móvel da série histórica de precipitação (1981-2021), considerando um período de três em três dias para que pudéssemos identificar a variabilidade temporal desejada. Esta metodologia aplicada com base na pesquisa de Sodré et al. (2020), onde o 10.48075/geoq.v17i02.31749

intervalo de três em três dias foi definido com o intuito de criar um período seguro para ser usado como margem de segurança para o uso do fogo, reduzindo assim o risco de possíveis imprecisões. Dessa forma, foram criados 29 grupos abrangendo os meses com até 31 dias, para meses com 28 ou 29 dias o calendário de manejo foi gerado considerando apenas até os grupos 25 e/ou 26 e para os meses com 30 dias, o calendário foi feito até o grupo 28.

Tabela 1 – Grupo de três em três dias para a realização do cálculo das médias móveis para a identificação do padrão de precipitação.

Grupo	Dias	Grupo	Dias	Grupo	Dias
1	1_3	11	11_13	21	21_23
2	2_4	12	12_14	22	22_24
3	3_5	13	13_15	23	23_25
4	4_6	14	14_16	24	24_26
5	5_7	15	15_17	25	25_27
6	6_8	16	16_18	26	26_28
7	7_9	17	17_19	27	27_29
8	8_10	18	18_20	28	28_30
9	9_11	19	19_21	29	29_31
10	10_12	20	20_22		

Fonte: Adaptado de Sodré et al. (2020).

Seguindo a metodologia proposta por Sodré et al. (2020) o calendário de manejo foi elaborado considerando a média móvel de três dias e limiar de precipita o classificado em três classes: 1 - Chuva Intensa: “Alerta ( mido)” (15mm a 20 mm); 2 - A classe Chuva Moderada foi subdividida em: “Favorável” (5mm a 10 mm) e “Recomendado” (10mm a 15mm); 3 – Chuva Fraca/Não Chuva: “Alerta (seco)”.

Resultados e Discussão

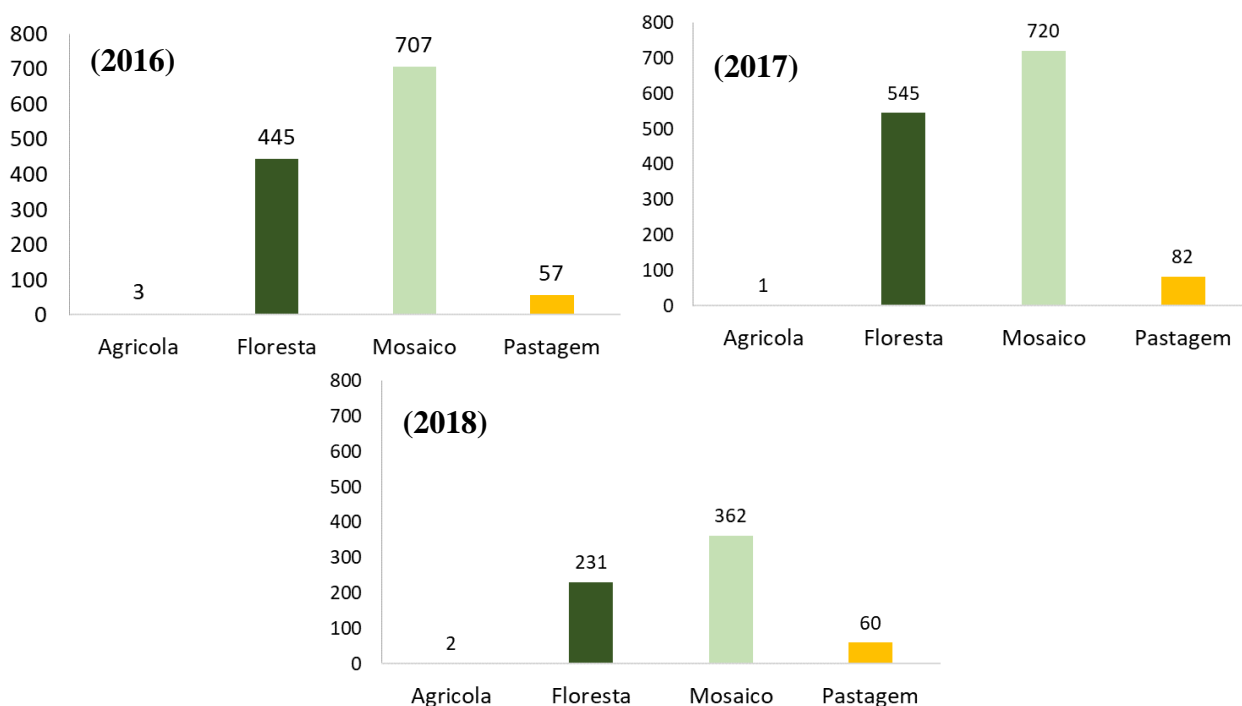
A partir das classes de solo analisadas (agrícola, florestal, mosaico de ocupa es em área florestal e pastagem) neste estudo e levando em considera o a densidade de foco de calor por tipo de solo, que levou em considera o o quantitativo de focos registrados sobre o total de  rea (Figura 2), o mosaico de ocupa es em área florestal – o qual será denominado somente como mosaico de ocupa es – mostrou-se mais impactado por queimadas na região de estudo. Cabe destacar também a variabilidade no número de foco de calor de acordo com anos de El Niño e La Ni a, principalmente sobre o mosaico de ocupa es. Nota-se que no ano anormalmente positivo (El Niño) esse quantitativo mostra-se bastante acentuado, porém não

supera o ano neutro, enquanto no período de anomalia negativa (La Niña) o número de focos apresenta-se extenuado, quando comparado com os anteriores.

O El Niño e a La Niña são partes de um mesmo fenômeno atmosférico-oceânico que ocorre no oceano Pacífico Equatorial (e na atmosfera adjacente), denominado de El Niño Oscilação Sul (ENOS). O ENOS refere-se às situações nas quais o oceano Pacífico Equatorial está mais quente (El Niño) ou mais frio (La Niña) do que a média normal histórica. A mudança na temperatura do oceano Pacífico Equatorial acarreta efeitos globais na temperatura e precipitação (CPTEC, 2022)³.

No segundo semestre, quando há ocorrência de El Niño, a região costuma ser afetada através da redução de precipitação e aumento da temperatura do ar, deste modo reduzindo a disponibilidade de umidade no solo e podendo levar ao aumento do número de queimadas e até mesmo de incêndios, quando comparado com anos normais. E quando há a persistência de La Niña no segundo semestre, os efeitos são opostos, apresentando um acumulado de precipitação acima do normal climatológica e tornando o solo mais úmido, reduzindo as chances das queimadas.

Figura 2 – Concentração de foco de calor sobre cada classe de solo selecionados, na microrregião de Castanhal, separadas por anos com ocorrência de El Niño (2016), neutralidade (2017) e La Niña (2018).



Fonte: Autores (2022).

³ Disponível em: < <http://enos.cptec.inpe.br>>

Acessado em: 16 jun, 2022

10.48075/geoq.v17i02.31749

De acordo com IBGE (2018), a classe do mosaico de ocupações em área florestal também inclui regiões do território cuja caracterização é dificultada por perturbações naturais e antrópicas, mecânicas ou não mecânicas, como por exemplo o fogo.

Um dos principais motivos de o mosaico de ocupação apresentar o maior acumulado de foco de calor, está ligado diretamente a sua área disponível (extensão) dentro da microrregião.

Por exemplo, Castanhal apresenta 54,8% do seu território abrangido pelo mosaico de ocupação, conforme é mostrado na Tabela 2. Portanto, é compreensível a escolha desta classe de uso e cobertura do solo para aplicação e validação do calendário de manejo.

As mudanças na cobertura e uso da terra podem causar impactos nos fluxos de serviços ambientais, que são os benefícios que o ser humano obtém, direta ou indiretamente, dos ecossistemas. Esses benefícios incluem serviços de provisão, tais como alimentos, energia e materiais; regulação, tais como a manutenção das condições físicas, químicas e biológicas; e serviços culturais (CICES, 2013; IBGE, 2018).

Tabela 2 – Representatividade das classes de solo em relação a área total (km²) da microrregião de Castanhal.

Microrregião	Área Total	Agrícola	Floresta	Mosaico	Pastagem
Castanhal	3.778 km ²	92 km ²	606 km ²	2.072 km ²	726 km ²

Fonte: Autores (2022).

A queimada é utilizada para estimular o crescimento de gramíneas forrageiras de pastagens e matar as plantas invasoras lenhosas que invadem estas pastagens. Sem o fogo, certamente os proprietários rurais teriam que investir na compra de máquinas pesadas para remover as árvores caídas e despendar tempo roçando com facões as ervas daninhas que invadem as pastagens (ALENCAR *et al.*, 1997; NEPSTAD *et al.*, 1999a, 2001; SODRÉ, 2019).

O calendário de manejo foi elaborado neste trabalho para ser aplicado na classe de mosaico de ocupações. Vale destacar que período em que se realizou a aplicação e validação compreende os meses de junho a novembro, uma vez que dentro desse intervalo, quando acompanhamos a climatologia, ocorre uma redução nos acumulados mensais de precipitação, caracterizando o período com menos chuvoso.

De acordo com Barradas et al. (2020), o manejo com uso do fogo se apresenta como alternativa técnica e ecológica de gestão, mas que poderia ficar restrito ao controle de combustível e/ou proteção de formações vegetais mais sensíveis ou visar à sustentabilidade dos ecossistemas em coexistência com seres humanos.

O contexto de criação do Calendário de Manejo é a minimização dos impactos causados pelo uso do fogo, evitando que ao fazer uso desta ferramenta com base no calendário, o agricultor esteja ciente dos períodos favoráveis, evitando que evolua para um incêndio. Através das médias mensais de queimadas (Tabela 3) é possível ter uma visão mais concisa dos meses mais críticos. A tendência ao longo desses seis meses é de aumento do número de calor, alcançando seu ápice no mês de novembro, na média de 55,6 queimadas.

Tabela 3 - Média mensal de queimadas sobre o mosaico de ocupações, com destaques (negrito) para os meses mais críticos, em que há o maior acumulado.

Meses	Castanhal
Junho	2,2
Julho	21
Agosto	29,8
Setembro	24,8
Outubro	21,4
Novembro	55,6

Fonte: Autores (2022).

No segundo semestre, quando há ocorrência de El Niño, a região costuma ser afetada através da redução de precipitação e aumento da temperatura do ar, deste modo reduzindo a disponibilidade de umidade no solo e podendo levar ao aumento do número de queimadas e até mesmo de incêndios, quando comparado com anos normais. E quando há a persistência de La Niña no segundo semestre, os efeitos são opostos, apresentando um acumulado de precipitação acima do normal climatológica e tornando o solo mais úmido, reduzindo as chances das queimadas. De acordo com os valores apresentado no índice MEI, para o ano de 2021, há caracterização de condições de anomalia negativas, que persiste desde o segundo semestre de 2020 e mantém esta configuração até a metade do ano de 2022; logo indicando a formação do evento de La Niña.

Tabela 4 – Variabilidade mensal do índice MEI (Multivariate Enso Index) para determinação do mecanismo oceano-atmosfera em cada ano.

ANO	DJ	JF	FM	MA	AM	MJ	JJ	JA	AS	SO	ON	ND
2020	0,3	0,3	0,2	-0,1	-0,2	-0,7	-1	-1	-1,2	-1,2	-1,1	-1,2
2021	-1,2	-0,9	-0,8	-1	-1,1	-1,1	-1,5	-1,3	-1,4	-1,5	-1,4	-1,2
2022	-1	-1	-1,3	-1,7	-1,9							

Fonte: Autores (2022)

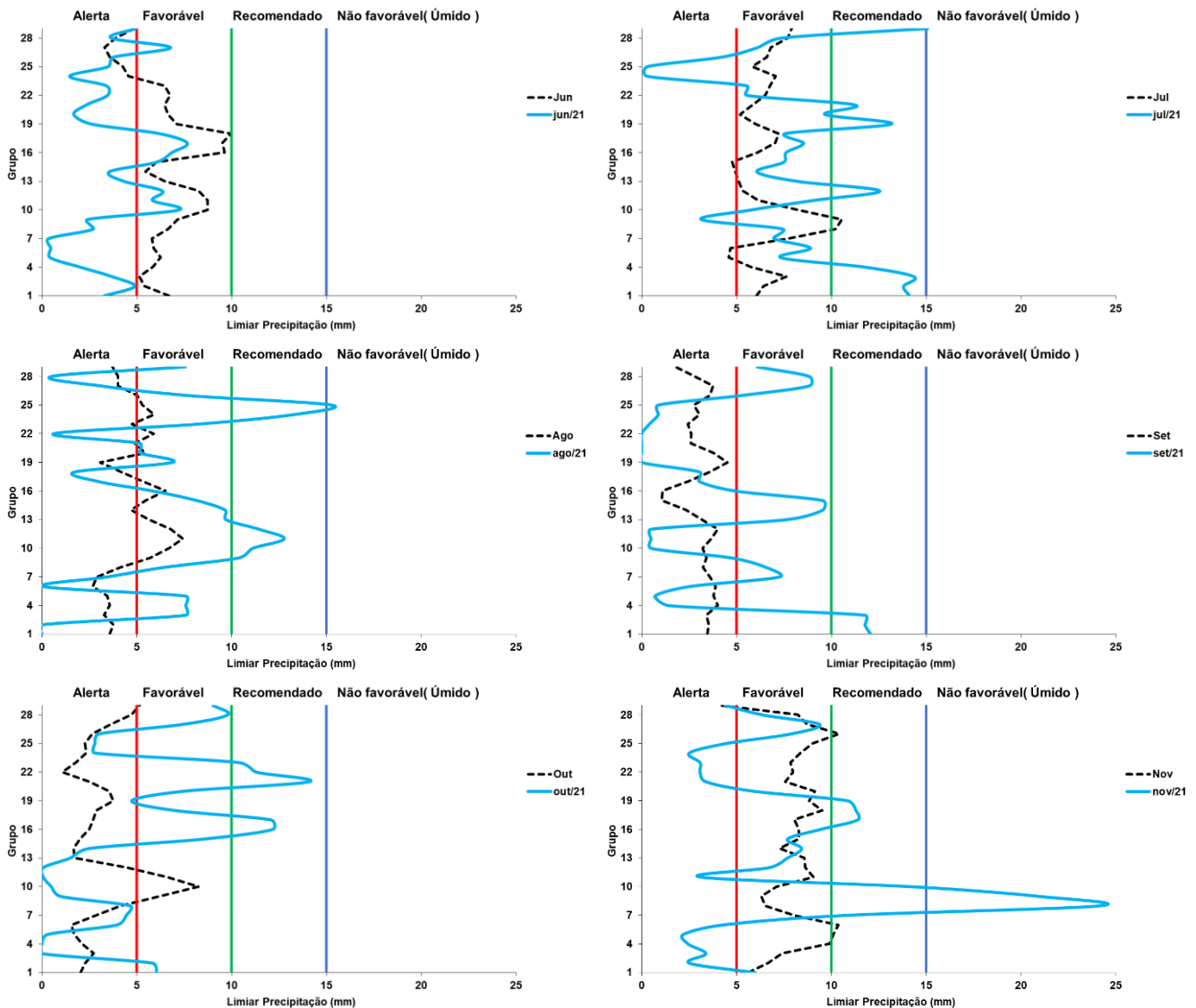
Em primeira observação é possível notar que a maior parte dos grupos que, a partir da média móvel climatológica (1981-2019) tende a entrar em consonância à precipitação ocorrida em 2021. O mês de junho que estima desde o grupo 1 ao grupo 23, um limiar de precipitação acima de 5 mm, indicando que é favorável à aplicação do fogo de forma segura, que não venha se propagar e ocasionar um incêndio. Vale destacar que junho é um período transição entre o mais chuvoso e menos chuvoso. Em julho a variabilidade ao longo dos grupos mostram a possibilidade de precipitação acima do recomendado, limiar de 10 mm, respectivamente entre os dias 8, 9 10 (grupo 8) da média móvel. O mês de agosto mostrou-se em grande maioria, infimamente favorável, com apenas o grupo 9 ao 12 ficando acima do limiar de 5 mm. Em setembro as condições médias climatológicas diárias ficam todas dentro do nível de alerta, abaixo de 5 mm. Observa-se que nos dois últimos meses, outubro e novembro, a tendência é de aumento na possibilidade precipitação ao se aproximar do final do mês de outubro, com o grupo 29 e 30 deixando-o explícito. Essa tendência persiste ao durante todo o novembro, ficando expressivamente acima do limiar de 5 mm, indicando que ao fazer uso do fogo os riscos de incidentes serão baixos e extinto de forma natural, em virtude da precipitação e, conseqüentemente, pela umidade do solo.

Os gráficos apresentam, em paralelo, a média móvel de precipitação em 2021, de modo a validarmos o calendário para os respectivos meses.

De acordo com Amanajás (2012), a disposição em que se encontra a microrregião de Castanhal apresenta um regime de precipitação em que os maiores acumulados ocorrem nos meses de fevereiro, março e abril, por conta do máximo movimento meridional da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) para o hemisfério sul, esse sistema sinótico precipitante modula e eleva o acumulado de precipitação do primeiro semestre, e o total de anual fica acima de 2.000 mm. Mensalmente, dentro do período estudado, a precipitação apresenta acumulados abaixo de 100 mm, na média.

O observado mostrou-se em plena concordância com o previsto no calendário e em alguns meses houve dissonância. Por exemplo em junho a variabilidade de chuva ficou dentro do esperado. Enquanto em agosto os grupos 22 (dias 22, 23 e 24), 23 (dias 23, 24 e 25), 24 (dias 24, 25 e 26) e 25 (dias 25, 26 e 27) mostraram-se acima da acima do previsto, chegando ao limiar 15 mm, dentro do não-favorável por apresentar muita umidade. Outro ocorrido foi no mês de novembro, quando os grupos 6 (dias 6, 7 e 8), 7 (dias 7, 8 e 9), 8 (dias 8, 9 e 10), 9 (9, 10 e 11) e 10 (10, 11 e 12) alcançaram o limiar do não-favorável (úmido).

Figura 3 - Calendário de manejo aplicado para o segundo semestre (junho – novembro), juntamente com a validação da média móvel de precipitação para 2021, no qual houve a configuração do ENOS negativo (La Niña).



Fonte: Autores (2022).

Considerações finais

Buscando compreender a variabilidade pluviométrica, principalmente nos períodos menos chuvosos e levando em consideração os mecanismos do acoplamento oceano-atmosfera, que modulam em diferentes magnitudes o tempo meteorológico em cada ano, torna-se fundamental a elaboração do calendário de manejo para definir o momento de menor risco para utilização do fogo nos mosaicos de ocupações florestais.

O calendário mostrou-se bastante eficiente na microrregião, indicando o melhor momento para utilização do fogo sobre o mosaico de ocupações, mostrando que ele pode vir a ser uma contribuição no processo de redução de queimadas na Amazônia.

Outro ponto a destacar é a sensibilidade ao longo dos meses com maiores acumulados diários de precipitação, corroborando para o expressivo destaque acima do que se previa para determinados grupos.

Portanto, o calendário mostrou-se aceitável para as condições sobre a microrregião, com a permanência do acoplamento oceano-atmosfera, atuante de forma global, que é a La Niña.

Referências

ALENCAR, A.; NEPSTAD, D.; SILVA, E.; BROWN, F.; LEFEBVRE, P.; MENDOSA, E.; ALMEIDA, CARVALHO JR, D. O. Uso do fogo na Amazônia: estudos de caso ao longo do arco de desmatamento. *World Bank Report*. Brasília, 1997.

AMANAJÁS, Jonathan Castro; BRAGA, Célia Campos. Padrões espaço-temporal pluviométricos na Amazônia Oriental utilizando análise multivariada. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 27, p. 423-434, 2012.

ANDERSON, L O; ARAGÃO, L. E. O. C.; LIMA, A.; SHIMABUKURO, Y. E. Burn scar detection based on linear mixture model and vegetation indices using multitemporal data from MODIS/TERRA sensor in Mato Grosso State, *Acta Amazonica*, v. 35, n. 4, p. 445–456, 2005.

BARRADAS, A. C. S.; BORGES, M. A.; COSTA, M. M.; RIBEIRO, K. T. Paradigmas da gestão do fogo em área protegidas no mundo e o caso da estação ecológica Serra Geral de Tocantins. *BioBrasil*, v. 10, n. 2, p. 71-86, 2020.

CICES. Common International Classification of Ecosystem Services: CICES V4.3. European Environment Agency. 2013. Disponível em: <https://cices.eu/resources/>. Acesso em: 18 mai 2018.

FEARNSIDE, P.M. Fogo e emissão de gases de efeito estufa dos ecossistemas florestais da Amazônia brasileira. *Estudos Avançados*, v.16, n.44, p. 99–123, 2002.

FERREIRA, A.M.M. e SALATI, E. Forças de transformação do ecossistema amazônico. *Revista Estudos Avançados*. São Paulo: USP, v.19, n. 54, p.25-44, 2005.

GONÇALVES, J. S. A prática da queimada no saber tradicional e na concepção científica de risco: estudo sobre o uso do fogo por pequenos produtores rurais do norte do estado de Minas Gerais. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Viçosa, Curso de Pós-graduação em Extensão Rural, 2005.

GONÇALVES, K.S; CASTRO, H.A; HACON, S.S. As queimadas na região amazônica e o adoecimento respiratório. In: *Ciência & Saúde Coletiva*. Data de publicação: 01/06/2012.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2018). <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101625.pdf> (PDF). Biblioteca IBGE. 1: 15–19. Consultado em 07 de junho de 2022.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2016). «Divisão Territorial Brasileira 2016». Consultado em 3 de julho de 2021.

LEONEL, M. O uso do fogo: o manejo indígena e a piromania da monocultura. *Estud. av.*; São Paulo, v. 14, n. 40, p. 231-250, 2000.

LOUREIRO, R. S; SARAIVA, I.; SENNA, R. C; FREDÓ, A. S. Estudo dos eventos extremos de precipitação ocorridos em 2009 no estado do Pará. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 29, n. esp., p. 83-94, 2014.

NEPSTAD, D. C.; A. MOREIRA, A. A. ALENCAR. A Floresta em Chamas: Origens, Impactos e Prevenção de Fogo na Amazônia. Programa Piloto para a Proteção das Florestas Tropicais do Brasil, Brasília, Brasil. 202 p.; il. 1999a.

NEPSTAD, C. D.; VERSSIMO, A.; ALENCAR, A.; NOBRE, C.; LIMA, E.; LEFEBVRE, P.; SCHLESINGER, P.; POTTER, C.; MOUTINHO, P.; MENDOZA, E.; COCHRANE, M.; BROOKS, V. (b) Large-scale impoverishment of amazonian forests by logging and fire. *Nature*, v. 398, p. 505-508, 1999b. Doi: <https://doi.org/10.1038/19066>

NEPSTAD, C. D.; CARVALHO, G.; BARROS, A. C.; ALENCAR, A.; CAPOBIANCO, J. P.; BISHOP, J.; MOUTINHO, P.; LEFEBVRE, P.; SILVA JR, U. L.; PRINS, E. Road paving, fire regime feedbacks, and the future of amazon forests. *Forest Ecology & Mgt.* v.154, p. 395-407, 2001. Doi: [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(01\)00511-4](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(01)00511-4).

PEDROSO JR. N. N.; MURRIETA, R. S. S.; ADAMS, C. A agricultura de corte e queima: um sistema em transformação. *Bol. Mus. Para. Emilio Goeldi Cienc. Hum.* Belém, v. 3, n.2, p. 153-174, ago. 2008.

SCHROEDER, W.; ALENCAR, A.; ARIMA, E.; & SETZER, A. A distribuição espacial e variabilidade interanual do fogo na Amazônia. In: KELLER, M. *et al. Amazonia and Global Change*. Washington, DC: American Geophysical Union. (Geophysical Monograph Series 186). 2009. Doi:10.1029/2008GM000724.

Sodré, G., de Souza, E., de Oliveira, J., & Moraes, B. (2018). CÁLCULO DE RISCO E DETECÇÃO DE QUEIMADAS: UMA ANÁLISE NA AMAZÔNIA ORIENTAL. *Brazilian Journal of Environmental Sciences (Online)*, (49), 1-14. <https://doi.org/10.5327/Z2176-947820180345>.

Sodré, G. R. C.; Souza, E. B.; Moraes, B. C.; Costa, D. M. Inovações Na Engenharia Brasileira - CAP 1 - Calendário de Manejo Baseado na Variabilidade Pluviométrica para o Uso do Fogo em Práticas Agrícolas na Amazônia Oriental. 1. ed. Campina Grande: EPTEC - Editora Portal Tecnológico, 2020. v. 1. 101p.

SOUZA, E. B.; CUNHA, A. C. Climatologia de precipitação no amapá e mecanismos climáticos de grande escala. IEPA. 2010. Disponível em: <https://livroaberto.ufpa.br/jspui/handle/prefix/418>. Acesso em: 20 março 2018.

Artigo recebido em 17-08-2023

Artigo aceito para publicação em 29-03-2024