

COMO CONTER INCÊNDIOS EM TURFEIRAS TROPICAIS? CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE SOLOS DE RESTINGA NO CENTRO-SUL DO ESPÍRITO SANTO, BRASIL

HOW TO CONTAIN FIRES IN TROPICAL PEATLANDS? PHYSICO-CHEMICAL CHARACTERIZATION OF RESTINGA SOILS IN SOUTH-CENTRAL ESPÍRITO SANTO, BRAZIL

Dyana Wislly Inácio Pereira¹

Rafaela Duda²

RESUMO: As turfeiras são ecossistemas essenciais na dinâmica ambiental, formadas pela semi-decomposição da matéria orgânica sobre áreas alagadas e condições específicas de umidade e temperatura. Em regiões tropicais, esses ambientes também se integram aos ecossistemas de restinga, importantes na estabilização do solo. Ademais, as turfeiras desempenham um papel relevante na formação de áreas suscetíveis a incêndios, especialmente durante períodos de seca. Diante disso, este estudo teve como objetivo mapear e caracterizar zonas turfeiras durante o período de estiagem, além de comparar as áreas afetadas pelo incêndio de 2022/2023 no Parque Estadual Paulo Cesar Vinha, em Guarapari, Espírito Santo, para auxiliar na prevenção e controle de incêndios florestais. O mapeamento foi realizado com o Quantum GIS, e a caracterização do solo foi feita por meio da coleta de amostras em quatro pontos distintos, utilizando a Escala de Decomposição de Von Post para classificar o solo como fíbrico, hêmico ou sáprico. Também foram realizadas análises de pH e umidade do solo. A análise revelou que P1 é a área de menor risco, com maior teor de decomposição (turfa hêmica) e melhor preservação. Em contraste, P2, P3 e P4 apresentam maiores riscos de incêndio devido à degradação dos solos (turfas fíbricas) e à exposição a variações climáticas, facilitando a propagação do fogo. Conclui-se que a caracterização das turfas é essencial para avaliar o risco de incêndio. Recomenda-se a criação de um Zoneamento de risco ou mapas de risco de incêndio no PEPCV como ferramenta fundamental para o planejamento e gestão de incêndios.

Palavras-chave: Decomposição; Ecossistema; Queimadas; Turfas.

ABSTRACT: Peatlands are essential ecosystems in environmental dynamics, formed by the semi-decomposition of organic matter in flooded areas under specific conditions of moisture and temperature. In tropical regions, these environments also integrate with restinga ecosystems, which are important for soil stabilization. Furthermore, peatlands play a significant role in the formation of areas susceptible to fires, especially during dry periods. This study aimed to map and characterize peat zones during the dry season, as well as to compare areas affected by the 2022/2023 fire in the Paulo Cesar Vinha State Park, in Guarapari, Espírito Santo, to assist in the prevention and control of forest fires. The mapping was conducted using Quantum GIS, and soil

¹ Centro Universitário Salesiano. Vitória/ES, Brasil.

² Centro Universitário Salesiano. Vitória/ES, Brasil.

characterization was performed through the collection of samples at four distinct points, utilizing the Von Post Decomposition Scale to classify the soil as fibric, hemic, or sapric. pH and soil moisture analyses were also conducted. The analysis revealed that P1 is the area of lowest risk, with a higher degree of decomposition (hemic peat) and better preservation. In contrast, P2, P3, and P4 present higher fire risks due to soil degradation (fibric peats) and exposure to climatic variations, facilitating the spread of fire. It is concluded that the characterization of peatlands is essential for assessing fire risk. The creation of a risk zoning or fire risk maps in PEPCV is recommended as a fundamental tool for fire planning and management.

Keywords: Decomposition; Ecosystem; Wildfires; Peatlands.

1. INTRODUÇÃO

As turfeiras são comumente consideradas o produto oriundo da semi-decomposição natural da matéria orgânica proveniente de vegetais situados em áreas alagadiças, onde há fatores especiais de umidade e temperatura atuando de acordo com variadas condições geológicas e climáticas (ASPE, 2013). Portanto, esse solo está normalmente em contato com sedimentos clásticos da planície aluvial, junto de lentes de argila em seu interior. Para tanto, compreende-se que as turfeiras se formam em áreas como fundo de vales, estando assim associadas a zonas pantanosas e encharcadas, onde passam por processos de inundações e baixas constantes, que favorecem o acúmulo e a preservação fóssil dos restos vegetais.

Ademais, vale ressaltar que ao longo do tempo várias camadas desse solo são depositadas criando uma pressão nas partes mais basais, que ao serem influenciadas por alta temperatura, faz com que o solo seja alterado quimicamente levando ao acúmulo de carbono (Toledo, 1999). Sendo assim, em consideração a estes fatores, as turfeiras são descritas como solo de aspecto pastoso, com baixa viscosidade, coloração variando entre o castanho claro ao escuro, com estrutura vegetal preservada, como presença de restos de galhos e troncos semi-decompostos, que estão distribuídos de forma dispersa, sendo passíveis a influências ambientais (CPRM, 2015).

Já para Moore (1989), as zonas de turfeira são um sistema de elevada energia, pois concentram energia solar dispersa entre os organismos do solo, levando a formação de turfas, ocasionando um desequilíbrio no ambiente, que se dá principalmente pela relação frequente de acúmulo, decomposição e mineralização da matéria orgânica neste sistema. Ainda, as turfeiras são consideradas habitats de escassa representação em nível mundial, ocupando cerca de 420 milhões de hectares, dos quais cerca de dois terços se localizam na Rússia e no Canadá. Em contrapartida, nos ambientes tropicais, essas zonas são menos comuns e ocupam pouco mais de 0,1% do território brasileiro, ocorrendo principalmente em planícies fluviais e mangues (Silva *et al.*, 2009). Visando a Região Sudeste do Brasil, a maior reserva inferida situa-se no Espírito Santo, no trecho do Baixo Rio Doce e vales adjacentes aos rios Itabapoana e Preto (ASPE, 2013).

Para mais, em ambientes tropicais as turfeiras também se associam a ecossistema de restinga, composta por distintas fisionomias prestando considerável relevância na

estabilização do substrato (Thomaz, 2010, p.6), como é o caso da área núcleo do Parque Estadual Paulo César Vinha (PEPCV). Dentre as formações existentes no parque, as mais emblemáticas na constituição das turfas são: Formação Arbustiva Aberta Inundável e Formação Arbustiva Aberta não Inundável, onde encontra-se principalmente o substrato turfoso de solo úmido-alagado atrelado a uma vegetação fechada, e a Formação Herbácea Inundável, que está presente em parte da planície inundável, entre os cordões arenosos, com predominância de vegetação graminóide e espécies herbáceas consideradas importantes na formação de turfas (Pereira e Menezes, 2023).

Sendo assim, devido ao tipo de vegetação, a estrutura das turfeiras e sua relação em acumular carbono, esses ambientes têm um papel ativo na constituição de áreas propensas ao incêndio, principalmente nos períodos de estiagem (IEMA, 2016). Além de tudo, fatores como a caracterização e a localização dos ambientes formadores de combustíveis florestais, são os principais motivos que regem o comportamento do fogo, enquanto as características topográficas, climáticas, e teor de umidade, são condições que integram o processo de queima e de propagação dos incêndios (Almeida, 2017). No entanto, embora o risco de inflamação seja elevado e conhecido, não foram encontrados registros de estudos que explorem a localização e caracterização das turfeiras presentes no parque. Diante disso, este trabalho visou caracterizar pontos de zonas turfeiras do Parque Estadual Paulo César Vinha, situado em Guarapari, Espírito Santo, a fim de auxiliar os órgãos competentes na prevenção, combate e controle de queimadas e incêndios florestais ocorrentes nessa Unidade de Conservação.

2. METODOLOGIA

2.1 DELINEAMENTO AMOSTRAL

O Parque Estadual Paulo César Vinha (PEPCV) conta com 1.500 hectares situados entre as coordenadas UTM 7726406 N , 354634 E, sendo composto por dez tipos de formações fitofisionômicas distintas, sendo elas: Herbácea não Inundável, Herbácea Inundável, Herbácea Inundada, Arbustiva Fechada Não Inundável, Arbustiva Fechada Inundável, Arbustiva Aberta Não Inundável, Arbustiva Aberta Inundável, Florestal Não Inundável, Florestal Inundável e Florestal Inundada (Pereira e Menezes, 2023).

Para formulação dos mapas, usou-se o *software* Quantum GIS (QGIS) versão 3.28.15, de código aberto e gratuito que serve para processar dados geoespaciais comumente utilizados para as atividades de mapeamento (Santos, 2017). A escolha das áreas foi baseada nos mapas disponíveis no quarto capítulo do "Encarte do Plano de Manejo do PEPCV" (IEMA, 2016), cujas nomenclaturas das fitofisionomias foram atualizadas de acordo com Pereira e Menezes (2023). Portanto, estabeleceu-se quatro pontos de turfeiras amostradas como: P1 – Formação Arbustiva Aberta Inundável; P2 – Formação Arbustiva Aberta Não Inundável; P3 e P4 – Formação Herbácea Inundável (Figura 1), cujas formações florísticas são importantes para a constituição de solos de turfa e, por esse motivo, são as áreas escolhidas como alvo deste estudo.

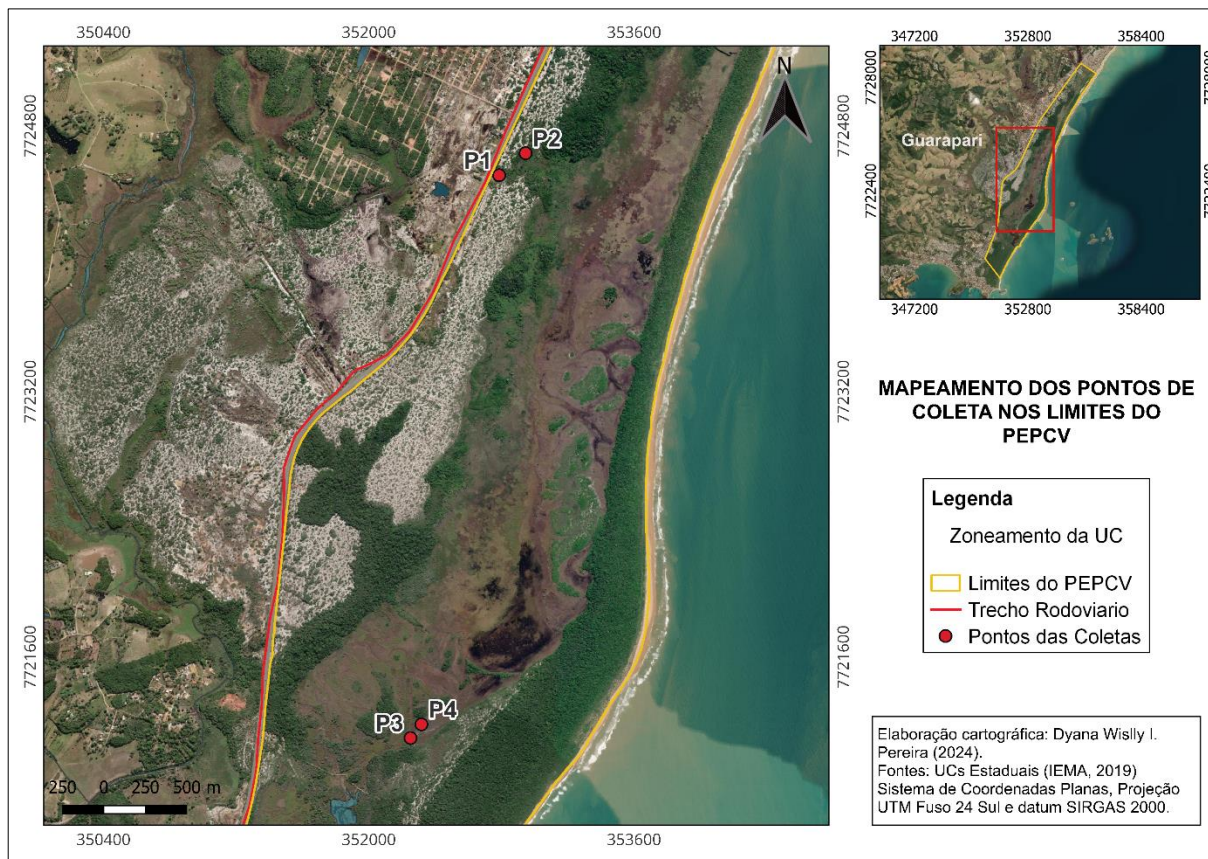
A partir do mapeamento dos pontos de estudo (Figura 1), foi utilizado um *shape* (GEOIEMA, 2023) elaborado com base nos dados do Relatório de Ocorrência de

Incêndio Florestal nº03/2022 (PREVINES, 2023) para mapeamento das áreas afetadas pelo último incêndio ocorrido em 2022-2023 no PEPCV, a fim de se demonstrar a relação entre os solos dos pontos de estudo e a facilitação de agravo de queimadas em possíveis novos incêndios.

Foram realizadas coletas de solo em três idas a campo durante o mês de setembro de 2024, com intervalos quinzenais, por este mês estar no intervalo de estiagem em Guarapari segundo o *site* Weather Spark (<https://pt.weatherspark.com>), no formato de graus decimais e convertido em coordenadas UTM pelo *site* SpeciesLink (<https://splink.cria.org.br/conversor>). A localização dos pontos selecionados encontra-se na Figura 1 e no Tabela 1, os quais são caracterizados da seguinte forma:

- Ponto P1: situa-se na Formação Arbustiva Aberta Inundável, em uma leve depressão composta por grandes árvores de copas fechadas, desencadeando um sombreamento e clima mais controlado. Há presença de vegetação rasteira de pteridófitas e outras espécies de pequeno porte. Além disso, nesse ponto há cursos d'água que passam próximos à área e que sofrem influência da maré, garantindo umidade e odor salobro à turfa. Ademais, por conta da vazão dos rios, nesse ponto o substrato possui grande quantidade de matéria orgânica em diferentes estágios de decomposição, formado principalmente por material lenhoso.
- Ponto P2: encontra-se em uma Formação Arbustiva Aberta Não Inundável possui o terreno mais plano e arenoso e não sofre a ação direta dos corpos d'água a ponto de ficar inundado em comparação ao P1. No entanto, mesmo o solo sendo bastante arenoso superficialmente, à medida que se aumenta a profundidade da coleta, é possível visualizar camadas de matéria orgânica bastante úmidas em diferentes estágios de decomposição, o que favorece o desenvolvimento de pteridófitas. Verifica-se também vegetação arbustiva, somadas ao solo com coloração escura, tornando essas características semelhantes ao P1.
- Ponto P3 e P4: estão presentes em ambiente plano, com solo parcialmente alagado e arenoso e vegetação que varia entre herbáceas, arbustivas e arbóreas típica de Restinga, composta por espécies vegetais de porte diverso desde gramíneas a árvores lenhosas características de brejo e que por estarem situados próximos a uma Formação Herbácea Inundada, se tem uma maior vazão dos corpos hídricos, em que P4 sofre menor influência se comparado a P3.

Figura 1 – Localização dos pontos de turfeiras dos organossolos amostrados no Parque Estadual Paulo César Vinha, situado em Guarapari, ES



Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 1 – Localização dos pontos amostrais dos organossolos do Parque Estadual Paulo César Vinha, Guarapari, ES

Perfil	Coordenadas geográficas UTM
P1	7724504 N 352787 E
P2	7724637 N 352946 E
P3	7721112 N 352252 E
P4	7721194 N 352318 E

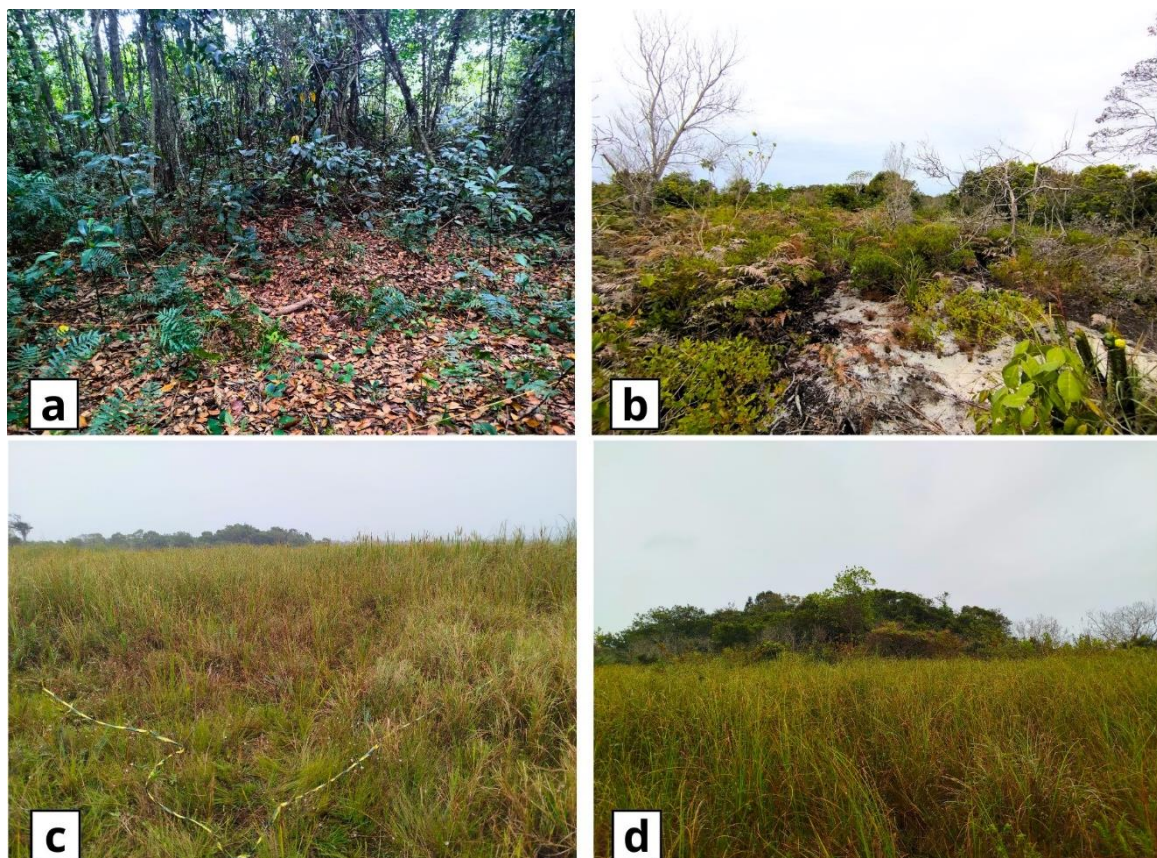
Fonte: Elaborado pelo autor.

A fim de se comparar as áreas mais e menos afetadas pelo último incêndio ocorrido entre o final de 2022 e o início de 2023 no PEPCV, os quatro pontos foram selecionados de acordo com imagens de satélite, tipos de vegetação em comparação com o incêndio ocorrido em 2023, além da identificação visual *in loco* dos restos de cinzas presentes no solo (Figura 2). As áreas P1 e P4 foram as menos afetadas pelo

incêndio, enquanto P2 e P3 foram as mais afetadas. Embora P3 e P4 tenham fitofisionomias similares do tipo Formação Herbácea Inundada, que corta uma grande extensão do parque, as diferenças em relação à localização específica de cada ponto explica os danos diferenciais: P3 encontra-se na parte mais central da vegetação, onde estão localizadas as turfeiras mais suscetíveis à inflamação por fogo, enquanto P4 localiza-se na margem do tipo vegetacional, estando menos prejudicado em relação ao ponto anterior.

As amostras de turfa foram coletadas dentro de um raio de cinco metros medido com uma trena de fibra de vidro Eda 50m a partir do ponto de coordenada, a uma profundidade de 0-15cm com o auxílio de um tubo cilíndrico de PVC e armazenadas em sacos plásticos resistentes e lacrados para não perder umidade. Foram extraídos três sacos de 240ml de solo de cada ponto por campanha, o que resultou em um total de 36 amostras ao final das coletas, para se obter maior variabilidade e verificar a influência climática sobre as amostras e, conseqüentemente, sobre os incêndios. Para realização das análises em laboratório, as amostras coletadas foram então, armazenadas em refrigerador por uma dia para ser analisada no dia posterior.

Figura 2 – Pontos de amostragem de turfas nas áreas de coleta no Parque Estadual Paulo César Vinha, situado em Guarapari, ES



Fonte: Arquivo próprio. Legenda: Áreas das coletas respectivamente, P1 – Formação Arbustiva Aberta Inundável Imagem (a); P2 – Formação Arbustiva Aberta Não Inundável Imagem (b); P3 e P4 – Formação Herbácea Inundável Imagens (c) e (d).

Em relação às condições climáticas para a coleta de dados de umidade relativa do ar, temperatura e velocidade do vento, foi utilizado aparelho termo-hidro-anemômetro digital portátil modelo THAR-185, além dos registros de precipitação durante as idas a campo. Observou-se que, entre o final do mês de agosto e início de setembro, o clima foi de calor intenso e poucas chuvas. Ao iniciar as campanhas no parque, notou-se que houve fracas chuvas na semana anterior à primeira campanha, que deixaram o solo pouco úmido, já que o local entrou em processo de drenagem por evaporação, devido aos dias prolongados de muito calor, tornando-se mais seco à medida que as campanhas avançavam.

A partir da segunda campanha, a forte estiagem propiciou focos de incêndio nos arredores do parque, sendo necessárias medidas de controle, como delimitação e isolamento das áreas de turfas com maior incidência a princípio de incêndio, além do fechamento do parque como medida de segurança para que o incêndio não ultrapassasse os limites do PEPCV.

Por fim, na semana da última campanha, ocorreram leves chuvas, não sendo suficientes para elevar a umidade do solo se comparado à primeira campanha; no entanto, a leve umidade foi mantida devido ao clima nublado e fresco que se iniciou de um a dois dias antes da última coleta.

2.2 ANÁLISE DE DADOS

2.2.1 Caracterização

Na execução da caracterização dos solos de turfa, adotou-se como base os métodos empregados segundo a EMBRAPA (2017). Este material contém explicações de procedimentos de análise voltados para a decomposição do solo, como a escala de decomposição de von Post, caracterização de matéria orgânica em forno mufla e método gravimétrico para a avaliação de umidade atual da amostra e pH. Para avaliação do grau de decomposição de von Post e valores de pH, seguiu-se o estabelecido em EMBRAPA (2017) e SIBCS (2018).

2.2.2 Procedimento Da Escala De Decomposição De Von Post

Foi utilizado como base os métodos estabelecidos pela EMBRAPA (2017), nos quais resíduos vegetais depositados e/ou adicionados ao solo passam por processos de alteração que incluem a decomposição e a humificação em diferentes graus. Assim, para sua determinação, foram utilizadas informações qualitativas sobre o comportamento do material durante o seu manuseio, como a cor do líquido extraído, quantidade de material que sai entre os dedos quando a mão é fechada, a natureza das fibras vegetais e a proporção do resíduo da amostra original pelos graus de decomposição do material orgânico.

Por fim, após visualização e comparação, determina-se a classe de decomposição do material orgânico, onde considera-se fibrico (grau 1-4) o menos decomposto, hêmico (grau 5-6) consideravelmente decomposto, já tendo formação de húmus, e sáprico (grau 7-10) completamente decomposto, com formação avançada de húmus.

Para a análise do pH, os parâmetros seguem aqueles descritos segundo o SIBCS (2018), sendo:

- Extremamente ácido: < 4,3
- Fortemente ácido: 4,3 – 5,3
- Moderadamente ácido: 5,4 – 6,5
- Praticamente neutro 6,6: – 7,3
- Moderadamente alcalino: 7,4 – 8,3

2.2.3 Caracterização Química Em Forno Mufla

A determinação do teor de matéria orgânica deu-se pelo método da mufla onde realizou-se o procedimento de acordo com o método estabelecido pela EMBRAPA (2017). O teor de matéria orgânica (MO) é determinado em razão da perda de massa do resíduo incinerado, considerando o material perdido pela queima no intervalo de variação da temperatura de 105°C a 600°C (Carmo e Silva, 2012).

2.2.4 Método Gravimétrico Umidade Do Solo

Segundo a EMBRAPA (2017), o método gravimétrico é o mais utilizado para a determinação da umidade do solo. Ele consiste em coletar amostras de solo e realizar a pesagem do solo *in natura* e após a sua secagem em estufa. Assim faz-se uma correlação em ambos dados para determinar a quantidade de água inicial contida no solo. A partir do valor da massa de água e da massa de sólidos, obtém-se os valores de umidade (Guedes *et al.*, 2017, p.16), que é dado em kg/kg de conteúdo gravimétrico de água (CGA). Ou seja, se o CGA de uma amostra é 2,1421 kg/kg, significa que para cada 1 kg de material seco, há 2,1421 kg de água.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 ATRIBUTOS MORFOLÓGICOS E FÍSICOS

3.1.1 Von Post e umidade do solo

De acordo com a escala de von Post, o solo do P1 é classificado como hêmico, com grau 5, indicando um estágio intermediário de decomposição da matéria orgânica. Já a umidade média do solo é de 2,36kg ($\pm 1,40$), indicando um maior teor de umidade, que corresponde ao seu grau de decomposição mais avançado em relação aos demais pontos. Além disso, essa caracterização está associada diretamente à coloração da amostra junto da sua localização, uma área íngreme de depressão próxima a corpos hídricos. Para tanto, em relação a coloração do solo, Drzymulska (2016) afirma que o grau de decomposição da turfa está associado à sua cor, ou seja, quanto mais a matéria vegetal é irreconhecível e escura, maior será seu grau de decomposição.

Em sequência, os pontos P2, P3 e P4 apresentam turfa em estágio fíbrico, ou seja, sua matéria orgânica está em estágio menos avançado de decomposição. Quanto ao seu grau, P2 corresponde ao grau 3 enquanto P3 e P4 ao grau 4. Portanto, ao compará-los com P1, nota-se que esses pontos apresentam uma menor

decomposição, que se dá por conta da localização em área mais baixa de vegetação aberta, com inundação periódica. Já no P3/P4, esse resultado se dá por conta da variação do nível do lençol freático e, além disso, devido a cobertura vegetal de gramíneas, samambaias e vegetação de Brejo. Ademais, o teor de umidade média do solo também se mostrou menor, já que os valores obtidos foram de 0,47 kg, 0,62 kg e 0,36 kg para P2, P3 e P4, respectivamente, refletindo assim a influência desse parâmetro sobre a decomposição da matéria orgânica (Tabela 2).

Segundo Barth e colaboradores (2013), as turfas localizadas em área abertas, como é o caso dos pontos P2, P3 e P4, estão mais suscetíveis à ação do fogo antropogênico, devido as variações climáticas e fitofisionômicas. Maillard (2009) afirma que os focos de incêndio são fatores que se desencadeiam principalmente por conta da alta presença de turfas secas na parte superficial do solo, o que acaba por ser um excelente material combustível na propagação das chamas. Ainda, Brunelli (2015) corrobora que a flora predominante de espécies herbáceas, juntamente com as briófitas, é de grande importância na formação de turfeiras, que são um material altamente suscetível a incêndios.

Para tanto, entende-se que alterações nos graus de decomposição e humificação são fatores presentes em todos os pontos e que estes estão correlacionados. Também, as variações ambientais refletem e influenciam diretamente no ciclo natural das fibras vegetais, ocasionando variações quanto ao seu estágio de decomposição e seu quantitativo na turfa (O'Kelly; Pichan, 2013). Por fim, compreende-se que o tipo de cobertura vegetal, umidade, clima e nutrientes disponíveis são agentes que também influenciam o solo (Lourenco; Fitchett; Woodborne, 2022).

Comparando os resultados dos pontos P1 e P3 deste estudos com os resultados obtidos por Pereira, Costalonga e Duda (2023) sobre os pontos P1 e P4 cuja a área estudada e localização amostral são as mesmas respectivamente, foi possível observar mudanças na caracterização das turfas referente a escala de Von Post nos períodos de chuva e estiagem, em que P1/P1 passou de sáprico para hêmico e P3/P4 passou de hêmico para fíbrico, evidenciando a queda no grau de decomposição para ambos os pontos nos diferentes períodos estudados reforçando a influência das variáveis climáticas na caracterização das turfas.

3.2 ATRIBUTOS QUÍMICOS

3.2.1 pH

Segundo IPT (*apud* Lima, 2022), os valores de pH típicos de turfas oscilam entre 3 e 6, e de acordo com SIBCS (2018), os pontos avaliados dispõem de variações de acidez que se enquadram como extremamente ácido (P1 e P2), fortemente ácido (P4) e moderadamente ácido (P3) (Tabela 2). Comumente, os solos tropicais tendem a ser ácidos devido aos processos naturais que promovem a perda de nutrientes e dificultam a reposição das bases (Veloso, 2020). Além disso, na Restinga esses fatores se intensificam, fazendo com que o pH varie entre 3 e 5 (Sato, 2007). Com isso, estes solos podem ser considerados espodossolos devido a sua baixa fertilidade, acidez moderada a forte, e por ser constituído majoritariamente por materiais

arenoquartzosos sob condições de umidade elevada, em clima tropical e subtropical nas regiões costeiras (SIBCS, 2018).

3.2.2 Análise do Potencial de Matéria Orgânica

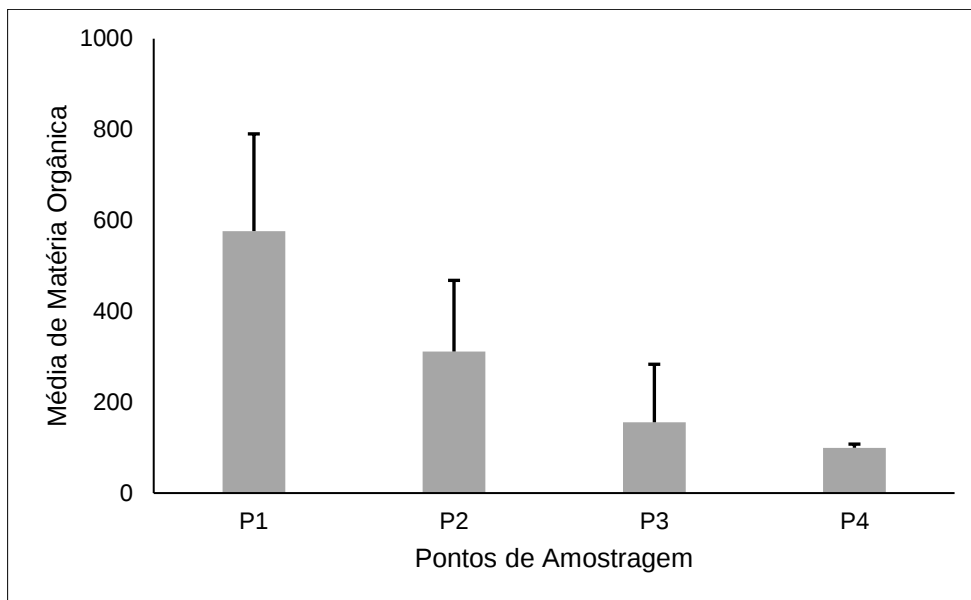
O teor de matéria orgânica no solo de turfa variou entre os diferentes pontos amostrados (Tabela 2; Gráfico 2). Segundo Lamim (2021), para que um solo seja considerado como turfa, ele deve conter mais de 60% de matéria orgânica em relação ao peso do material seco a 110°C. Sendo assim, o valor encontrado em P1 (576,61±213,91) representa 57,66% de matéria orgânica em relação ao peso seco do solo, ou seja, tem-se uma alta concentração de MO, que pontua a riqueza e preservação do solo de turfa do P1. Seguindo, ao comparar com P1, P2 apresenta menor teor de matéria orgânica e maior homogeneidade (311,55±156,62 - 31,16%), o que pode ser atribuído às diferentes características dos pontos (ver Metodologia - Delineamento Amostral). Já P3 tem uma concentração de MO mais baixa e alta variabilidade (155,87±,61 - 15,59%), indicando que existem áreas com diferentes quantidades de matéria orgânica. Por fim, P4 tem o menor teor de matéria orgânica e variabilidade baixa (99,74±8,01 - 9,97%), sendo as condições deste solo mais homogêneas e estáveis em relação aos demais.

Tabela 2 – Resultados das análises físico-químicas de turfas coletadas no Parque Estadual Paulo César Vinha, situado em Guarapari, ES

Perfil	pH	Umidade	MO	Von Post Classificação
		kg	g/Kg	
P1	4,01 (±0,23)	2,36 (±1,40)	576,61 (±213,91)	Hêmico
P2	4,10 (±0,13)	0,47 (±0,51)	311,55 (±156,62)	Fíbrico
P3	5,63 (±0,34)	0,62 (±0,47)	155,87 (±127,61)	Fíbrico
P4	5,34 (±0,33)	0,36 (±0,04)	99,74 (±8,01)	Fíbrico

Fonte: Elaborado pelo autor. Legenda: Os números demonstrados representam a média e desvio-padrão (em parênteses)

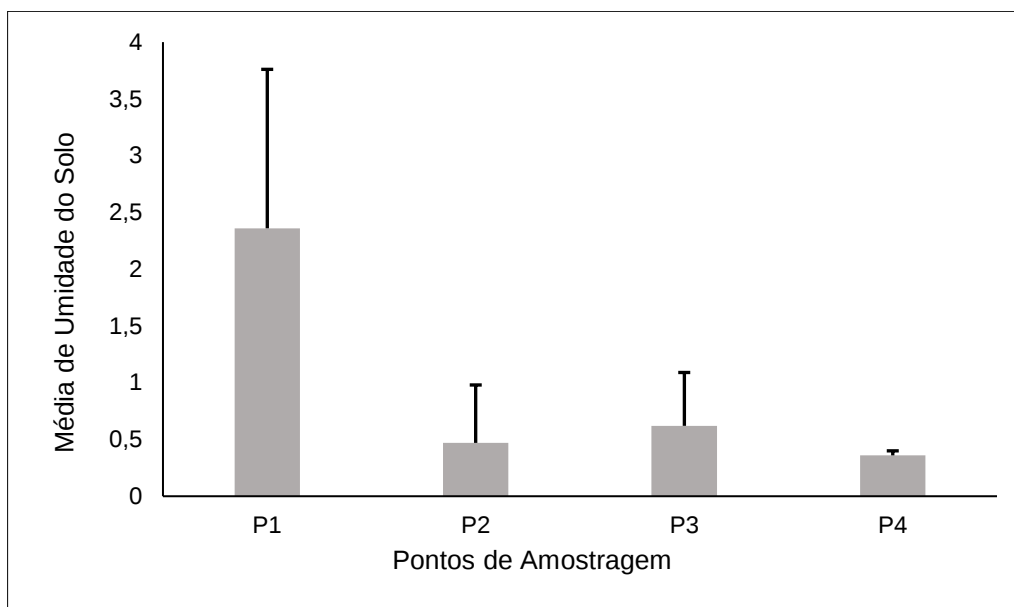
Gráfico 1 – Variação da classificação de amostras de turfas coletadas no Parque Estadual Paulo César Vinha, situado em Guarapari, ES, segundo o método do teor de matéria orgânica (MO)



Fonte: Elaborado pelo autor

Em relação ao teor de umidade do solo (Gráfico 2), P1 ($2,36 \pm 1,40$) apresentou maior retenção de água indicando que esse solo tem uma maior capacidade de absorver e reter este componente, mesmo em condições de seca no mês de setembro (Weather Spark), enquanto P2 ($0,47 \pm 0,51$) apresentou menor conteúdo de água em comparação a P1, indicando solo menos capaz de reter umidade e mais afetado pela estiagem. Em P3 ($0,62 \pm 0,47$) e P4 ($0,36 \pm 0,04$), os valores foram ainda mais baixos, apresentando solos com menor capacidade de retenção de umidade, sendo mais suscetíveis a seca.

Gráfico 2 – Variação da classificação de amostras de turfas coletadas no Parque Estadual Paulo César Vinha, situado em Guarapari, ES, segundo o método gravimétrico de teor de umidade do solo (CGA)



Fonte: Elaborado pelo autor

A variação entre os pontos demonstra diferentes condições microambientais, dadas as suas localizações e capacidade de formação da turfa nos diferentes ambientes. O perfil P1, localizado em uma área íngreme e próxima a corpos hídricos, além de ser uma área menos afetada pelo incêndio, apresentou características típicas de solo classificado como hêmico, devido ao maior teor de umidade ($2,36 \pm 1,40$) e matéria orgânica ($576,61 \pm 213,91$). Esses resultados são coerentes com a localização do ponto, que favorece a retenção de água e, conseqüentemente, um estágio de decomposição mais avançado. Além disso, o valor de pH de $4,01 \pm 0,23$ indica acidez extrema, característica de ambientes com elevada presença de matéria orgânica em decomposição. Diferentemente, o perfil P2, situado em uma área mais aberta e mais afetada pelo incêndio, apresentou menor teor de umidade ($0,47 \pm 0,51$), refletindo um grau de decomposição da matéria orgânica menor, de tipo fíbrico, com pH de $4,10 \pm 0,13$, que também indica um ambiente extremamente ácido, mas com menor quantidade de matéria orgânica em decomposição comparado ao P1.

Já os perfis P3 e P4, ambos localizados no mesmo tipo de vegetação, terrenos abertos e planos, apresentaram características físico-químicas semelhantes entre si, onde ambos são classificados como fíbricos. Porém, ambos pontos são diferentes quando considerado os níveis de impacto do incêndio. Para P3, localizado em uma área mais afetada, obteve-se um teor de umidade de $0,62 \pm 0,47$ e pH de $5,63 \pm 0,34$, sendo considerado moderadamente ácido, refletindo um ambiente em que a decomposição da matéria orgânica é menos avançada se comparado a P1 e P2. Em contrapartida, no P4 observa-se a menor umidade de solo ($0,36 \pm 0,04$), embora seu pH seja de $5,34 \pm 0,33$, estando no limiar entre moderadamente e fortemente ácido.

Contudo, as análises dos quatro perfis revelaram diferenças nas características físico-químicas e climáticas entre as áreas menos e mais afetadas pelo último incêndio, destacando como a vegetação, o grau de decomposição da matéria orgânica e as condições ambientais influenciam na suscetibilidade ao fogo. Como é afirmado por Waddington e colaboradores (2015), as características físico-químicas das turfas são diretamente influenciadas pelo teor de umidade, o qual é condicionado por diversos fatores climáticos, como precipitação, temperatura e radiação solar, além da posição do depósito em relação ao lençol freático e do próprio teor de matéria orgânica presente no solo.

Além disso, os elementos climáticos, como vento e umidade, podem influenciar o comportamento de incêndios florestais. De acordo com Batista (2000), o vento desempenha um papel crucial no comportamento do fogo, como secagem dos combustíveis, transporte de brasas que dão início a novos focos de incêndio, além de aumentar a oferta de oxigênio e, conseqüentemente, o aumento das chamas. Ainda, este autor destaca que a umidade atmosférica é um dos fatores mais importantes na propagação de incêndios, já que a troca de vapor de água entre a atmosfera e o material combustível afeta sua inflamabilidade. Lima, Villwock e Parolin (2020) complementam que a umidade e o calor atuam juntos nos processos de deterioração da matéria orgânica e quando há ausência de um, ou ambos, o processo é retardado.

Nos pontos P1 e P2, onde a umidade relativa foi menor, variando de 59,64-61,70% e de 56,97-59,03% (Tabela 3), respectivamente, as turfas poderiam secar mais rapidamente, o que aumentaria o risco de incêndio. Segundo Nungesser (2003), quando depósitos de turfa ficam expostos ao ar por longos períodos de seca, a água evapora e a decomposição é iniciada sobretudo nas camadas superficiais. Como consequência, a umidade torna-se distribuída de forma desigual nas diferentes partes da matéria, resultando em variações no teor de umidade em diferentes áreas, o que pode afetar a integridade e comportamento da turfa, como sua suscetibilidade ao fogo. Para P2, essas premissas são válidas, uma vez que essa área foi uma das mais afetadas no incêndio de 2023, além de possuir vegetação esparsa, baixa umidade do solo e temperatura média de 26,67°C. Ademais, a velocidade do vento foi elevada (entre 5,77-10,47 km/h), propiciando assim uma propagação efetiva do fogo. Já para P1, situada próximo a P2, vê-se que a presença de corpos hídricos torna a umidade do solo mais alta e ao aliar-se à velocidade do vento mais baixa (variando de 2,37-4,00 km/h), faz com que os impactos da disseminação do fogo pela área sejam amenizados, sendo assim, esta área seria considerada a de menor risco de incêndio.

Já os solos dos pontos P3 e P4 podem reter mais umidade (variando de 59,13-64,27% em P3 e de 61,60-64,77% em P4), o que poderia reduzir a probabilidade de ignição; porém, o vento forte nesses locais favorece a propagação e intensificação do fogo ao aumentar a oferta de oxigênio (Tabela 3). A velocidade do vento em P3 foi elevada, variando de 3,50-12,57 km/h, e ao associar esse fator com a característica de solo fibroso com baixa decomposição de matéria orgânica, entende-se que esta área atuaria como estopim para a difusão do fogo, sendo essa uma explicação válida para maior deterioração dessa área no último incêndio. Embora P4 tenha apresentado a maior variação de velocidade do vento (entre 4,23-20,80 km/h), associado ao baixo teor de umidade e temperatura média alta (27,23°C), sendo estes considerados fatores importantes no aumento de risco de incêndios, esta área foi inicialmente

considerada como menos afetada, pois as observações *in loco* mostraram menor grau de degradação, o que pode estar relacionado ao baixo teor de matéria orgânica.

Tabela 3 – Resultados Condições Climáticas

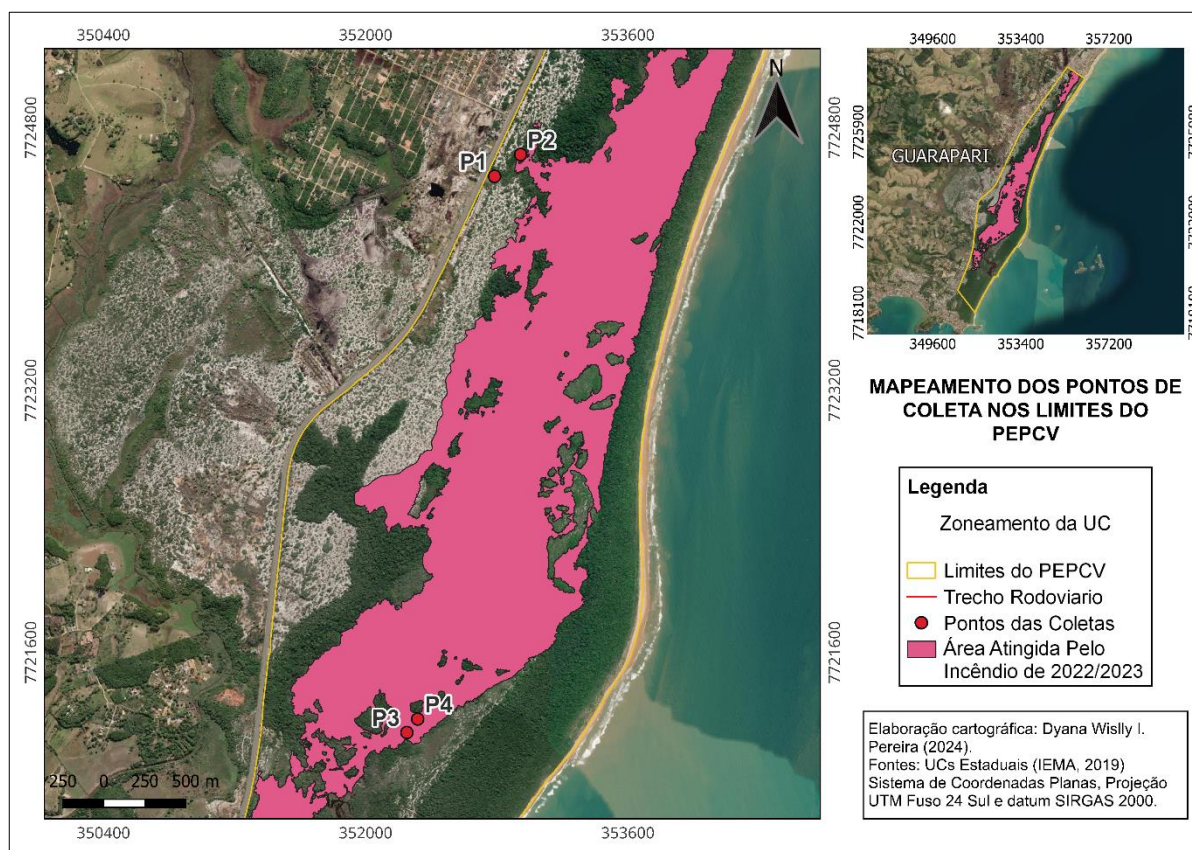
Perfil	Velocidade do Vento (km/h)	Umidade Relativa do ar (%RH)	Temperatura atmosférica (°C)
	Máxima/Mínima	Máxima/Mínima	
P1	4,00/2,37	61,70/59,64	28,70
P2	10,47/5,77	59,03/56,97	26,67
P3	12,57/3,50	64,27/59,13	27,73
P4	20,80/4,23	64,77/61,60	27,23

Fonte: Elaborado pelo autor.

O mapeamento de áreas com incidência à ocorrência de combustão auxilia na análise rápida e assertiva em situações de tomada de decisão, ou seja, a elaboração de mapas com informações importantes no que se refere à prevenção, combate a incêndios e, principalmente, à definição de áreas sensíveis e períodos críticos do ano, que necessitam de mais fiscalização dos Órgãos Ambientais competentes, garantem ações de contenção e remediação mais eficazes no combate às queimadas (Dalcumune e Santos, 2005). Estudos ainda apontam que o mapeamento das áreas de matéria orgânica inflamável pode auxiliar na prevenção de incêndios, como por exemplo, na alocação de recursos em pontos estratégicos do PEPCV, na definição das áreas de maior risco, que necessitam de mais fiscalização, e na restrição de acesso a determinadas trilhas nos períodos críticos do ano, onde o risco de incêndio se apresenta mais elevado (Carvalho, 2021).

Em suma, ao mapear as áreas afetadas pelo último incêndio ocorrido em 2022-2023 no PEPCV (Figura 3) e comparando com os resultados obtidos neste estudo, no que se refere à caracterização das turfas no período de estiagem com base nas condições de degradação como método de avaliação de risco de incêndio, P1 é apontada como a área de menor risco, com maior teor de decomposição (turfa hêmica) e mais bem preservada, enquanto P2, P3 e P4 apresentam maiores riscos de incêndio por terem solos mais degradados (turfas fíbricas) e expostos a variações climáticas, portanto, são regiões com condições que podem facilitar o agravamento e espalhamento de fogo em caso de novos incêndios. Além disso, os resultados do presente estudo complementados com mais informações de ClimaTempo se tratados e bem desenvolvido pode auxiliar no mapeamento de risco de incêndio ou zoneamento de risco de incêndio que se utiliza do princípio da estimativa meteorológica de Risco de Fogo (RF) em que são considerados no cálculo os efeitos locais do tipo da vegetação e do ciclo natural de seu desfolhamento, além da relação de dias sem precipitações, temperatura máxima, umidade relativa mínima do ar diárias, elevação topográfica, latitude e a presença de fogo na área de interesse (Setzer, 2019), sendo essas informações relacionadas e relevantes a este estudo.

Figura 3 – Mapeamento das áreas mais e menos afetadas pelo último incêndio ocorrido em 2022-2023 no Parque Estadual Paulo César Vinha, situado em Guarapari, ES



Fonte: Elaborado pelo autor.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A caracterização das turfas é fundamental para se avaliar seu potencial a risco de incêndio levando em consideração os fatores climáticos, geográficos além das fitofisionomias associadas para melhor planejamento e apoio na identificação das áreas mais e menos favoráveis a inflamação por fogo. As propriedades da turfa refletem certas variações em função da localização do relevo e características da vegetação de modo que, em períodos de chuva apresentaram maior grau de decomposição enquanto que nos períodos de estiagem demonstraram menos grau de decomposição. De modo geral, os resultados são satisfatórios quanto a caracterização das turfas no período de estiagem em que P1 é apontada como a área de menor risco, com maior teor de decomposição (turfa hêmica) e mais bem preservada, enquanto P2, P3 e P4 apresentam maiores riscos de incêndio por terem solos mais degradados (turfas fíbricas) e expostos a variações climáticas. Por fim, para auxiliar melhor os órgãos competentes na prevenção, combate e controle de queimadas e incêndios florestais, sugere-se o zoneamento de risco ou mapas de risco de incêndio do PEPCV, como um instrumento importante no planejamento e controle de incêndios.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Centro Universitário Salesiano - UniSales, pelo suporte acadêmico e infraestrutura que possibilitaram a realização deste estudo. Agradeço também ao Instituto de Meio Ambiente e Recursos Hídricos - IEMA, pela colaboração e fornecimento de dados essenciais para a pesquisa. Por fim, agradeço ao Parque Estadual Paulo César Vinha - PEPCV, pela autorização e apoio durante as atividades de campo, que foram fundamentais para a coleta de informações e a caracterização das turfeiras.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, F. S. **Análise do risco de incêndio florestal em um povoamento de *Eucalyptus dunni* maiden. (Myrtaceae) na fazenda São Jorge, município de Piraí do Sul - PR.** 2017, p. 16. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialista em Engenharia e Segurança do Trabalho) - Curso de Especialização em Engenharia e Segurança do Trabalho, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta grossa, 2017.

ASPE. **ATLAS DE BIOENERGIA DO ESPÍRITO SANTO.** ASPE, Vitória, II, p. 69, 2013.

BATISTA, A. C. Mapas de risco: uma alternativa para o planejamento de controle de incêndios florestais. **Floresta**, Curitiba, v. 30, n. 1/2, p. 45-54, dez. 2000.

BARTH, Ortrud Monika; Barros, Marcia Aguiar de; Luz, Cynthia Fernandes Pinto da. Reconstituição do bioma Mata Atlântica no Estado do Rio de Janeiro durante o Quaternário Tardio através da Palinologia. **Carvalho, IS et al**, 2013.

BRUNELLI, W. A. **VARIAÇÃO TEMPORAL E ESPACIAL NA TAXA DE SOBREVIVÊNCIA DE NINHOS ARTIFICIAIS EM ÁREAS DE RESTINGA NO SUL DO ESPÍRITO SANTO.** 2015. 66 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ecossistemas, Universidade de Vila Velha, Espírito Santo, 2015.

CARMO, Davi Lopes do.; SILVA, Carlos Alberto. Métodos de quantificação de carbono e matéria orgânica em resíduos orgânicos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, n. 4, p. 1211-1220, julho/agosto. 2012.

CARVALHO, Matheus Castro de. **MAPEAMENTO DE VULNERABILIDADE DE INCÊNDIOS FLORESTAIS NO PARQUE NACIONAL DE BRASÍLIA.** Brasília: CBMDF, 2021. 95 P. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Formação de Oficiais) - Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal, Brasília, 2021.

Clima, consequências e temperatura média do mês de Guarapari (Espírito Santo, Brasil) - Weather Spark. Disponível em:
<<https://pt.weatherspark.com/y/30856/Clima-caracter%C3%ADstico-em-Guarapari-Esp%C3%ADrito-Santo-Brasil-durante-o-ano>>. Acesso em: 05 out. 2024.

CPRM. **GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS DO ESPÍRITO SANTO:** Programa Geologia do Brasil. CPRM, Belo Horizonte, MG, p. 231, 2015.

DALCUMUNE, M. A. B.; SANTOS, A. R. Mapeamento de índice de risco de incêndio para a Região da Grande Vitória/ES, utilizando imagens do satélite LANDSAT para o ano de 2002. In: XII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: INPE, 2005, p. 1485-1492.

DRZYMULSKA, Danuta. Peat decomposition – shaping factors, significance in environmental studies and methods of determination; a literature review. **Geologos**. v. 22, p. 61-69, 2016.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos e análise de solo**. 3º edição revista e ampliada, Brasília, Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2017.

GUEDES, B. J. *et al.* **ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS DA TURFA EXISTENTE NA REGIÃO DO BANHADO DE SÃO JOSÉ DOS CAMPOS COM VISTAS AO AUXÍLIO NA IDENTIFICAÇÃO DO POTENCIAL DE QUEIMA ESPONTÂNEA DESSE MATERIAL**. São José dos Campos, SP: INPE, 2017. 27 p. Relatório Final De Projeto De Iniciação Científica entregue ao (PIBIC/INPE/CNPq), São José dos Campos.

GEOIEMA. 2023. Disponível em: <<http://geo.iema.es.gov.br/>>. Acesso em: 10 out. 2024.

Google Maps. Disponível em: <https://www.google.com.br/maps/@-20.5715008,-40.4314397,14z?entry=ttu&g_ep=EgoyMDI0MTEwNi4wIKXMDSoASAFQAw%3D%3D>. Acesso em: 01 set. 2024.

IEMA. Planejamento do Parque Paulo César Vinha. IEMA, Vitória, IV, ES, 2016.

LAMIM, Agenor Paulo Binato et al. Caracterização química e física de turfa litorânea e avaliação da adsorção competitiva por cobre e zinco. **Química Nova**, v. 24, n. 1, p. 18-2320, fev. 2001.

LIMA, J. Z. *et al.* Caracterização de turfa tropical visando avaliar seu potencial como sorvente de baixo custo para elementos potencialmente tóxicos. **Cobramseg**, Campinas, SP, p. 8054-8061, ago. 2022.

LIMA, K. N. A.; Villwock, F. H; Parolin, M. Estudos paleoambientais em áreas de turfa no Brasil. **Geomae**, Campo Mourão, v. 11, p. 10-26, 2020.

LOURENCO, Mauro; Fitchett, Jennifer M.; Woodborne, Stephan. Peat definitions: A critical review. **Progress in Physical Geography: Earth and Environment**. v. 47, p. 506-520, 2022.

MAILLARD, Philippe; PEREIRA, Doralice Barros; SOUZA, C. G. **Incêndios florestais em veredas**: conceitos e estudo de caso no Peruaçu. Revista Brasileira de Cartografia, v. 61, n. 4, p. 321-330, 2009.

MOORE, P.D. The ecology of peat-forming processes: A review. **Intern. J. Coal Geol.**, 12:89-103, 1989.

Nungesser, M.K., 2003. Modelling microtopography in boreal peatlands: hummocks and hollows. **Ecol. Model.** 165, 175–207.

O'KELLY, B.C.; Pichan, S.P. Effects of decomposition on the compressibility of fibrous peat – A review. **Geomechanics and Geoengineering: A international Journal.** p. 286-296, 2013.

PEREIRA, Oberdan José; MENEZES, Luis Fernando Tavares de. **Restinga no Espírito Santo: Vegetação, Flora e Distribuição Geográfica das Espécies.** Belo Horizonte: Rupestre, 2023.

PEREIRA, D. W. I.; COSTALONGA, M. L. R.; DUDA, R. Como conter incêndios em turfeiras tropicais? Um estudo de caso em uma unidade de conservação de restinga. **Ciência na Prática.** v. 2, n. 2, p. 29-44, 2023.

Programa Estadual de Prevenção e Combate a Incêndios Florestais – PREVINES. **Relatório de Ocorrência de Incêndio Florestal.** Guarapari, ES: IEMA, n. 03, 2023. 5 p. Relatório técnico apresentado ao PEPCV, Guarapari.

SANTOS, Herondino dos. Introdução ao QUANTUM GIS. **Geotecnologias e Monitoramento ambiental – Quantum GIS 2.28.13,** Macapá, p. 4, 2017.

SATO, C. A. **Caracterização da fertilidade do solo da composição mineral de espécies arbóreas de restinga do litoral paulista.** 2007. 94 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro, 2007.

SETZER, A. W.; SISMANOGLU, R. A.; SANTOS, J. G. M. **Método do cálculo do risco de fogo do programa do INPE - Versão 11, junho/2019.** São José dos Campos: INPE, 27 p. 2019. Disponível em: <<http://urlib.net/ibi/8JMKD3MGP3W34R/3UEDKUB>>. Acesso em: 05 out. 2024.

Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – SIBCS. 5ª edição revista e ampliada. Brasília, DF: **Embrapa**, 2018.

SILVA, A. C. *et al.* Turfeiras da Serra do Espinhaço Meridional-MG: I-caracterização e classificação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 1385-1398, 2009.

SpeciesLink: Dados e ferramentas: conversor. Disponível em: <<https://splink.cria.org.br/conversor>>. Acesso em: 10 out. 2024.

THOMAZI, R.D. *et al.* Um panorama da vegetação das restingas do Espírito Santo no contexto do litoral brasileiro. **Natureza online**, v. 11, n. 1, p. 1–6, 2013.

TOLEDO, L. M. A. Considerações Sobre a Turfa no Brasil. **Akrópolis**, v. 7, n. 8, p. 27-41, 1999.

VELOSO, C. A. C. *et al.* Recomendações de adubação para o estado do Pará: Correção da acidez do solo. 2ª edição revista e atualizada. Brasília, DF: **Embrapa**, 2020.

WADDINGTON, J.M. *et al.* Hydrological feedbacks in northern peatlands. **Ecohydrology**, v. 8, p. 113–127, 2015.