

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**  
**INSTITUTO DE GEOGRAFIA**  
**CURSO DE BACHARELADO EM GEOGRAFIA**  
**TRABALHO FINAL DE GRADUAÇÃO**

**ESTIMATIVA DE BIOMASSA HERBÁCEA DE FITOFISIONOMIAS ABERTAS**  
**DO CERRADO UTILIZANDO O MÉTODO DO DISCO DE QUEDA**

Murilo Arthur da Silva Nascimento

Orientador: Vinícius de Lima Dantas

Uberlândia (MG)

2022

MURILO ARTHUR DA SILVA NASCIMENTO

**ESTIMATIVA DE BIOMASSA HERBÁCEA DE FITOFISIONOMIAS ABERTAS  
DO CERRADO UTILIZANDO O MÉTODO DO DISCO DE QUEDA**

Trabalho Final de Graduação 4  
(TFG4) do curso de Bacharelado em  
Geografia da Universidade Federal  
de Uberlândia, como requisito final  
para aprovação na disciplina.

Uberlândia (MG)

2022

## RESUMO

Os incêndios naturais fazem parte da dinâmica do Cerrado, tendo papel fundamental na regulação da dinâmica do ecossistema. O estrato herbáceo, sobretudo as gramíneas, funciona como principal combustível para essas queimadas e a quantidade de biomassa disponível em uma área influi diretamente na frequência e intensidade dos incêndios. Portanto, entender a variação espacial na biomassa de gramíneas é fundamental para prever as consequências dos incêndios para a vegetação. Neste trabalho investigamos a eficácia de um método não destrutivo (disco de queda ou disco medidor de pastagem) para a determinação da biomassa herbácea e de gramíneas, afim de identificar localidades que estão sujeitas a queimas mais frequentes e intensas devido ao acúmulo de grande quantidade de biomassa herbácea e de gramíneas, facilitando o estudo dos determinantes geográficos dos regimes de incêndio, bem como o manejo de áreas de preservação ou recuperação ambiental. Nossa hipótese foi a de que o disco permitiria estimativas acuradas da biomassa herbácea, sobretudo da biomassa de gramíneas, o grupo dominante no estrato herbáceo. Para testar essa hipótese, coletamos amostras de biomassa herbácea em sub-parcelas de 0.50 x 0.50 m, nos quatro cantos de 31 parcelas de 10 x 10 m, dentro das quais fizemos 10 medidas com a placa de queda. Calculamos médias ao nível da parcela de 10 x 10 m e usamos regressões lineares com o objetivo de testar se a placa de queda permitiria a determinação acurada da biomassa, bem como para obter equações que descrevessem essa relação, de forma que possam ser usadas para determinar a biomassa com base nas medidas do disco. Nossos resultados confirmaram que a placa de queda é eficaz em predizer a biomassa herbácea ( $R^2 = 0.51$ ;  $P < 0.001$ ) e sobretudo a biomassa de gramíneas ( $R^2 = 0.77$ ;  $P < 0.001$ ). Esses resultados sugerem que a placa de queda é uma ferramenta importante e de fácil para determinar a variação espacial na cobertura de gramíneas em áreas de campo e savana do Cerrado.

**Palavras-chave:** biomassa, Cerrado, material combustível, disco de medidor de pastagem, estrato herbáceo, gramíneas, incêndios, Parque Nacional da Serra da Canastra.

## ABSTRACT

The natural fires constitutes of the Cerrado dynamics, having a key role on the regulation of this ecosystem dynamic. The herbaceous layer, especially the grasses, works like the mainly mainly fuel to these fires and the amount of available biomass in a area affects directly on the frequency and intensity of fires. Accordingly, understand this especial variation in he grasses biomass is fundamental to predict the fire consequences on vegetation. On this work we investigate the effectiveness of a non-destructive method (fall plate or disc pasture meter) to determine oh herbaceous and grasses biomass, in order to identify locations that are in dangerous to frequent and strong burns due to accumulation of herbaceous and grasses biomass, helping the study of geographic determinants of fire regimes, as well the management of ambiental preservation and recuperation areas. Our hypothesis was that the disc would allow accurate estimations of herbaceous biomass and mainly grasses biomass, the predominant herbaceous layer group. To test this hypothesis, we collect samples of herbaceous biomass in sub-plots of 0.50 x 0.50m, in the four corners of 31 10 x 10m plots, within which we made 10 measurements using the fall plate. We calculate averages at the level oh the 10 x 10 plot and used linear regressions in order to test whether the fall plate would allow an accurate biomass determination. As to obtain the equations that describe this relation, in a way that can be used to determine the biomass based on the disc measures. Our results confirmed the fall plate efficiency on predict the herbaceous biommas ( $R^2 = 0.51$ ;  $P < 0.001$ ) and mainly the grasses biomass ( $R^2 - 0.77$ ;  $P < 0.001$ ). These results suggest that the fall plate is a important and easy tool to determinate the especial variation of grass cover in fields and savannas areas on Cerrado.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>6</b>
<b>2. PROBLEMÁTICA.....</b>	<b>8</b>
<b>3. OBJETIVOS.....</b>	<b>9</b>
<b>4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>9</b>
<b>5. MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>11</b>
<b>a) Área de Estudo.....</b>	<b>11</b>
<b>b) Desenho Experimental.....</b>	<b>13</b>
<b>c) Coleta de Dados.....</b>	<b>15</b>
<b>d) Métodos de laboratório.....</b>	<b>15</b>
<b>e) Análise de Dados.....</b>	<b>16</b>
<b>6. RESULTADOS.....</b>	<b>16</b>
<b>7. DISCUSSÃO.....</b>	<b>19</b>
<b>8. BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>21</b>

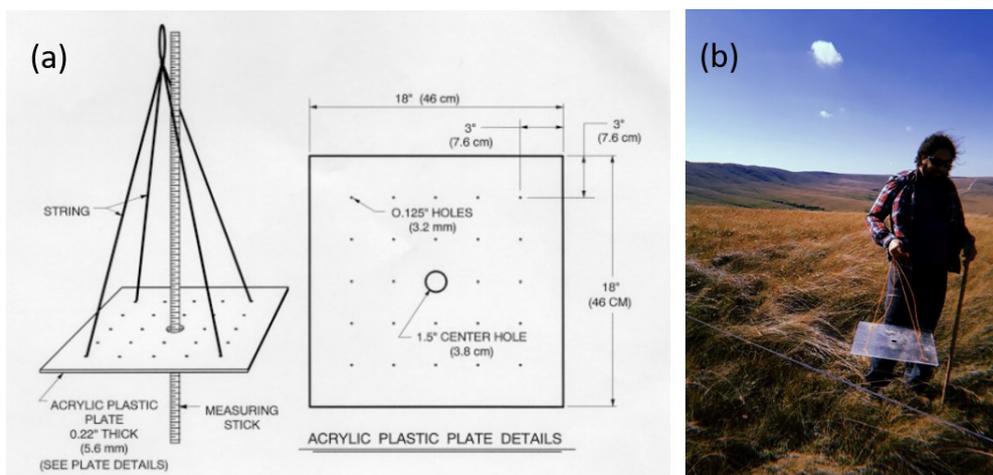
## 1. INTRODUÇÃO

As savanas tropicais são ecossistemas caracterizados pela predominância de vegetação herbácea, dominada por gramíneas, com árvores distribuídas de forma espaçada (Ribeiro & Walter 2008). Assim, grande parte da vegetação existente nas savanas brasileiras, cuja maior parte está localizada no bioma Cerrado, consiste em vegetação herbácea, especialmente gramíneas. As gramíneas influenciam diretamente na dinâmica do bioma uma vez que regulam os regimes de incêndios. Estudos recentes indicam que a biomassa de gramíneas é um importante determinante da intensidade e altura das chamas, a velocidade de espalhamento e a probabilidade de ignição de um incêndio (Newberry et al. 2020). Uma vez que os incêndios são importantes determinantes da dinâmica ecossistêmica em savanas, controlando a cobertura arbórea, a fertilidade do solo e inclusive a distribuição de formações savânicas e florestais (Dantas et al. 2013), entender os fatores que determinam a biomassa de gramíneas no Cerrado é de fundamental importância para entender a ecologia e biogeografia do bioma. No entanto, os determinantes da cobertura herbácea e, sobretudo, de gramíneas, ainda é pouco conhecida.

Diversos métodos podem ser usados para estimar a biomassa de gramíneas no campo. A maioria dos trabalhos de campo utiliza métodos destrutivos, em que o material herbáceo é coletado em uma dada área, seco e pesado (por exemplo, Le Stradic et al. 2021). Esses métodos podem ser trabalhosos e demorados, já que exigem tanto trabalho de campo, como de laboratório, além de causar impactos sobre a vegetação. Assim, métodos alternativos têm sido utilizados em campos e savanas ao redor do globo, tomando como base a altura comprimida do estrato herbáceo (Rayburn & Lozier, 2003). Por exemplo, Zambatis (2006) utilizou uma dessas técnicas (Disco Medidor de Pastagem, DMP) para estimar, com grande precisão, a biomassa de gramíneas no Parque Nacional

de Kruger, uma paisagem dominada por savana localizada na África do Sul. Em que medida essa técnica é acurada para estimar a biomassa de gramíneas no Cerrado ainda é desconhecido.

O Disco de medição de pasto serve para se estimar a biomassa de gramíneas em áreas extensas e já é amplamente usado no Parque Nacional de Kruger na África do Sul, onde é realizado o monitoramento anual de áreas de savana e de cultivo de milho (Zambatis et al. 2006). A aplicação do Disco de Medição de Pasto foi usada pela primeira vez na Nova Zelândia, com estudo de Phillips e Clarke ainda na década de 1970, época que a técnica foi criada com o intuito de se estimar a biomassa de gramíneas em áreas de pasto (Philips & Clarke, 1971). Disco medidores de pastagem podem ser confeccionados de diferentes maneiras, sendo que um dos modelos mais simples consiste em um disco quadrado com vários furos e um furo central maior, por onde uma haste calibrada é inserida (Placa de Queda ou PQ) (Rayburn & Lozier, 2003). Com esse método, a haste que atravessa o orifício central e apoiada no chão e o disco é solto, e a altura em que o disco para sobre o estrato herbáceo é medida (Figura 1).



**Figura 1:** Placa de queda para medição de pastagens e suas especificações. (a) especificações e medidas (Rayburn & Lozier, 2003); (b) disco sendo utilizado no Parque Nacional da Serra da Canastra.

Neste trabalho, testaremos a hipótese de que o disco de queda pode ser usado para estimar a biomassa herbácea e de gramíneas de forma eficaz em campos e savanas do Cerrado em 31 parcelas no Parque Nacional da Serra da Canastra. Para isso, relacionaremos a altura média do prato sobre o componente herbáceo e a biomassa de gramíneas coletada usando método destrutivo. Assim, espera-se que possamos propor uma equação que poderá ser usada em futuros estudos para calcular a biomassa herbácea e de gramíneas em outras áreas com a aplicação do DPM.

## **2. PROBLEMÁTICA**

Em 2006, Zambatis desenvolveu um trabalho no Parque Nacional de Kruger, localizada na África do Sul, e buscava estimar a biomassa de gramíneas existentes nas extensões do parque utilizando o disco medidor de pastagem, através da calibragem correta do aparelho e da utilização de fórmulas adaptadas à vegetação existente nas savanas africanas. Com base nesse estudo, formulamos a seguinte pergunta: é possível usar métodos similares (por exemplo, prato de queda) para estimar a biomassa de gramíneas no bioma do Cerrado de forma eficaz? O disco é mais eficaz para estimar a biomassa herbácea como um todo ou a biomassa de gramíneas?

### **3. OBJETIVOS**

O trabalho tem como objetivo avaliar a adequabilidade do método da Placa de Queda (PQ) em prever a biomassa herbácea e de gramíneas em fisionomias abertas (campos e savanas) do bioma Cerrado, tendo como base o Parque Nacional da Serra da Canastra.

#### **3.1. Objetivo específicos**

- Testar se o prato de queda é eficaz na predição da biomassa no componente herbáceo;
- Testar se o prato de queda é eficaz na predição da biomassa de gramíneas;
- Propor equações que permitam estimar a biomassa herbácea e de gramíneas usando medidas de prato de queda.

### **4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

Ocupando uma área de 2,04 milhões de quilômetros quadrados, o Cerrado está presente em 22% do território brasileiro, sendo o segundo maior, atrás apenas do bioma Amazônico. Aparecendo em partes de Minas Gerais, Rondônia, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Bahia, Tocantins, Maranhão, Piauí e Pará, e na totalidade dos estados de Goiás e Distrito Federal (Sano & Ferreira. 2005). O cerrado é uma ecorregião do bioma das savanas tropicais, um bioma em que o fogo é fator natural (Staver et al. 2017). Nesse bioma, os incêndios ocorrem, tipicamente, na transição entre a estação seca e chuvosa, já que alta ocorrência de raios incidindo sobre uma vegetação seca são ingredientes fundamentais desses incêndios (Hoffmann et al. 2012).

Assim como outras savanas, o cerrado sofre com um acelerado processo de degradação devido a expansão agrícola. Assim, queimadas antrópicas com o intuito de suprimir a vegetação local e abrir área para pasto e lavouras, se tornaram corriqueiras,

alterando os regimes de fogo naturais do Cerrado (Santos, 2010). Embora a vegetação e a fauna presentes nas savanas tropicais apresente traços adaptativos em relação ao fogo, mudanças nos regimes de incêndio podem minar a capacidade das plantas de resistir, já que evoluíram sob regimes de incêndios distintos (Hoffman et al. 2012). Além disso, o Cerrado é formado por um mosaico de vegetações (Dantas & Batalha 2011), o que inclui vegetações sensíveis ao fogo, como as florestas (Silva et al. 2008) que, embora tenham características funcionais que evitam a entrada do fogo no ecossistema (sombra, umidade), podem acabar queimando sob incêndios antrópicos, geralmente mais severos que os naturais (Dantas et al. 2013). Esse cenário agrava a necessidade de mais estudos envolvendo as queimadas e conseqüentemente as gramíneas, que funcionam com combustível para as queimadas (Dantas & Pausas 2013).

Nas savanas, os incêndios são geralmente de superfície, isto é, queimam sobretudo o estrato herbáceo (Pausas & Dantas 2017). Assim, os regimes de incêndio são em grande parte determinados pela umidade e biomassa combustível nesse estrato (De Faria et al. 2021). Entender como fatores geográficos influenciam esses dois fatores é fundamental para entender a dinâmica do fogo e, assim, entender como as mudanças nos regimes de fogo influenciam a vegetação no Cerrado. Para tal, é fundamental o desenvolvimento de métricas que permitam medir essas variáveis no campo de forma acurada e rápida.

O trabalho terá um caráter quantitativo, embasado principalmente na perspectiva de teste de hipótese usando métodos estatísticos (Gotelli & Ellison, 2011). Esses testes terão como base um estudo observacional não-manipulativo, isto é, análises correlativas com base em dados coletados no campo de forma oportunística (Gotelli & Ellison, 2011). Mais especificamente, nosso trabalho seguirá metodologia similar à de um trabalho realizado em 2006 na África do Sul por Zambatis et al. (2006), chamado "*Re-evaluation of the disc pasture meter calibration for the Kruger National Park, South Africa*", visando

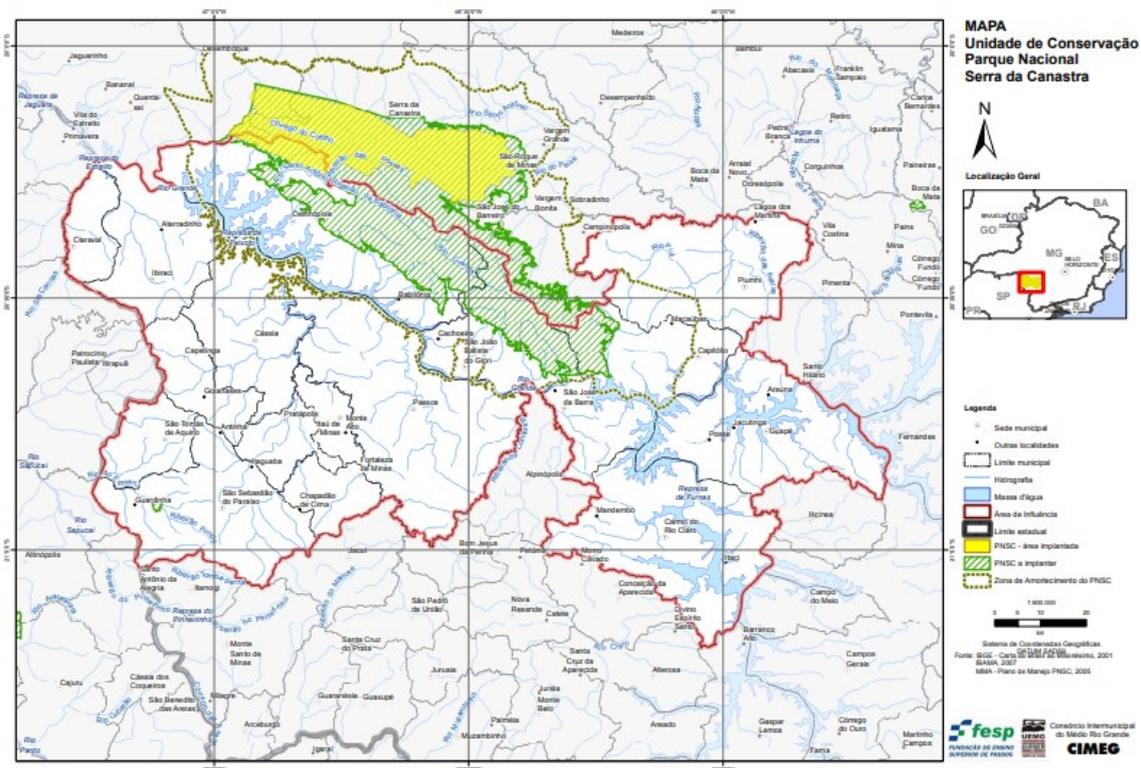
aplicar o Disco Medidor de Pastagem (do inglês “*Disc Pasture Meter*”), criado na Nova Zelândia por Phillips e Clarke em 1971. O objetivo é estimar toda a biomassa de gramíneas de uma região aplicando um método simples e não destrutivo, causando assim menos impacto sobre a vegetação.

Em 1971, Philips e Clarke realizam pesquisas na Nova Zelândia e desenvolvem um método para se estimar a biomassa de gramíneas em áreas de pastagem, utilizando o Disco Medidor de Pasto estabelecem parâmetros para futuras estimativas de forma não destrutiva. Trabalho que também serve de base para Zambatis no desenvolvimento de sua pesquisa Parque Nacional de Kruger (Zambatis, 2006), já voltada para estudos em ecologia, sendo a principal base para este estudo.

## **5. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **a) Área de Estudo**

O trabalho foi realizado no Parque Estadual da Serra da Canastra, situado no sudoeste do estado de Minas Gerais, tendo sua área abrangendo vários municípios, entre eles São Roque de Minas, Capitólio e Sacramento. O local se situa a pouco mais de 300 km de Uberlândia – MG (Figura 2; Coordenadas: entre 46°59’58.33” e 46°12’14.52” Oeste e 20°39’52.60” S a 20°04’33.14” Sul), abrangendo uma área de 197.787 de hectares.



**Figura 2** - Localização do Parque Nacional da Serra da Canastra (verde hachurado) e sua área de influência (vermelho).

A região climática dentro da qual a Serra da Canastra está localizada tem clima subtropical úmido do tipo Cwa segundo a classificação de Köppen, com áreas acima de 1000 m podendo ser classificadas como CWb (Nakajima & Semir, 2001). O clima da região possui duas estações bem definidas no ano, inverno seco e verão úmido. A precipitação média anual é de 1638 mm tendo sua mínima em 1533 mm e a máxima em 1719 mm e as temperaturas oscilam entre 18.7°C na mínima e 20.7°C na máxima, a temperatura média é de 18.7°C (Ab'Saber, 1967; Novais, 2011). O ponto mais alto do parque está a 1464m de altitude e o mais baixo está a 778m, a altitude media do parque é de 1148m, e o solo predominante na região é o neossolo litólico, que ocupa 34% da área total do parque, seguido do plintossolo argilúvico. No parque, predominam as fitofisionomias campestres, sobretudo campo limpo e campo sujo, mas são encontradas

também as seguintes fitofisionomias: campo rupestre, cerrado rupestre, cerrado sentido restrito, mata de galeria e campo úmido (Couto Junior, 2010).

## **b) Desenho Experimental**

Foram sorteados 31 pontos de coletas, a uma distância de até 200 m das estradas do parque (na maioria dos casos), abrangendo as 5 classes de solos existentes nessas áreas (Argissolo, Plintossolo, Latossolo, Neossolo Quartzarênico e Cambissolo), que se encontram no mapa de solos de Minas Gerais (UFV – CETEC – UFLA – FEAM, 2011), seguindo uma amostragem estratificada-aleatorizada. Para isso, primeiramente, foi estabelecida uma área de *buffer* de até 200 m das estradas do parque, dentro da qual, as classes de solo presentes foram identificadas utilizando mapas de solo do estado de Minas Gerais. Em cada uma das 5 classes identificadas foram sorteados aleatoriamente 6 pontos (exceto pela classe Argissolos, em que foram 7 pontos). Devido problemas técnicos, alguns dos pontos sorteados no primeiro dia de coleta (classe Argissolo) ficaram localizados há distâncias maiores da estrada (até 2 km). As informações de cada ponto amostrado encontram-se na Tabela 1.

**Tabela 1:** Informações dos pontos amostrados no Parque Nacional da Serra da Canastra.

<b>Parcela</b>	<b>Long.</b>	<b>Lat.</b>	<b>Elevação</b>	<b>Data</b>	<b>Classe</b>	<b>Fitofisionomia</b>
1	-46.809	-20.137	1391	02/10/2021	Argiossolo	campo sujo
2	-46.665	-20.18	1349	02/10/2021	Argiossolo	campo sujo
3	-46.772	-20.138	1347	02/10/2021	Cambissolo	campo limpo
4	-46.82	-20.153	1376	03/10/2021	Argissolo	campo sujo
5	-46.712	-20.163	1323	03/10/2021	Argissolo	campo limpo

6	-46.907	-20.14	1304	03/10/2021	Argissolo	campo limpo
7	-46.899	-20.145	1307	03/10/2021	Argissolo	cerrado sensu stricto
8	-46.868	-20.138	1332	03/10/2021	Argissolo	campo sujo
9	-46.923	-20.137	1287	04/10/2021	Latossolo	cerrado sensu stricto
10	-46.871	-20.144	1323	04/10/2021	Latossolo	campo sujo
11	-46.917	-20.138	1294	04/10/2021	Latossolo	campo limpo
12	-46.796	-20.143	1387	04/10/2021	Latossolo	campo limpo
13	-46.878	-20.143	1324	04/10/2021	Latossolo	campo sujo
14	-46.802	-20.142	1387	04/10/2021	Latossolo	campo limpo
15	-46.617	-20.231	1333	05/10/2021	Plintossolo	campo sujo
16	-46.615	-20.23	1340	05/10/2021	Plintossolo	campo limpo
17	-46.613	-20.231	1329	05/10/2021	Plintossolo	campo limpo
18	-46.591	-20.238	1325	05/10/2021	Plintossolo	campo limpo
19	-46.576	-20.245	1362	05/10/2021	Plintossolo	campo limpo
20	-46.573	-20.249	1365	05/10/2021	Plintossolo	campo limpo
21	-46.576	-20.2	1349	06/10/2021	Neossolo	cerrado sensu stricto
22	-46.472	-20.221	1435	06/10/2021	Neossolo	campo limpo
23	-46.435	-20.253	1405	06/10/2021	Neossolo	campo limpo
24	-46.452	-20.226	1489	06/10/2021	Neossolo	campo limpo
25	-46.532	-20.245	1387	06/10/2021	Neossolo	campo sujo
26	-46.777	-20.139	1368	06/10/2021	Cambissolo	campo sujo
27	-46.632	-20.177	1298	08/10/2021	Neossolo	campo sujo
28	-46.77	-20.142	1347	08/10/2021	Cambissolo	campo sujo
29	-46.766	-20.14	1344	08/10/2021	Cambissolo	campo limpo
30	-46.625	-20.167	1110	08/10/2021	Cambissolo	campo sujo
31	-46.625	-20.171	1167	08/10/2021	Cambissolo	campo sujo

---

### **c) Coleta de Dados**

As coletas foram realizadas entre os dias 03 e 10 de outubro de 2021, período que corresponde à transição entre a estação seca e a estação chuvosa (Tabela 1). Com o auxílio de um aparelho GPS, os pontos sorteados previamente foram localizados no Parque. Em cada ponto, foi montada uma parcela 10 x 10 m com o auxílio de uma trena. Após demarcar a parcela com estacas e barbante foram estabelecidas quatro subparcelas de 0.50 x 0.50 m posicionadas em cada um dos quatro cantos da parcela principal, dentro das quais toda a biomassa aérea herbácea foi coletada, evitando-se áreas com plantas lenhosas com 1 cm ou mais de diâmetro. As amostras foram acondicionadas em sacos de papel e numeradas para posterior análise em laboratório. Em seguida, no interior da parcela de 10 x 10 m, foi aplicado o Prato de Queda em 10 pontos aleatórios e as medidas anotadas em planilha de papel.

### **d) Métodos de laboratório**

As amostras de biomassa coletadas foram secadas em estufa a 80°C durante 48 horas. Cada amostra foi pesada usando uma balança de semi-precisão usando a totalidade do conteúdo coletado. Em seguida, a biomassa graminóide foi separada e pesada separadamente. Foram calculadas, para cada parcela, a biomassa total e a biomassa de gramíneas médias (usando as 4 medidas por parcela) e a altura média do disco de queda (usando as 10 medidas por parcela).

## e) Análise de Dados

Os dados foram analisados utilizando duas regressões lineares simples: (1) com a biomassa herbácea média como variável resposta e a altura média do disco de queda como variável explanatória; e (2) com a biomassa de gramíneas média como variável resposta e a altura média do disco de queda como variável explanatória.

Para cada análise, a significância da relação entre as duas variáveis foi determinada com base no valor de P (usando  $\alpha = 0.05$ ), e a força da relação determinada com base no  $R^2$  ajustado ( $R^2_{adj}$ ). Os coeficientes a e b para as equações de cada reta também foram obtidos. Todas as análises estatísticas, bem como o desenho experimental foram feitos no programa R v4.0.5 (R Core Team 2020).

## 6. RESULTADOS

Os valores médios para a biomassa herbácea e de gramíneas, bem como das alturas medidas com o prato de queda, são apresentados na Tabela 2.

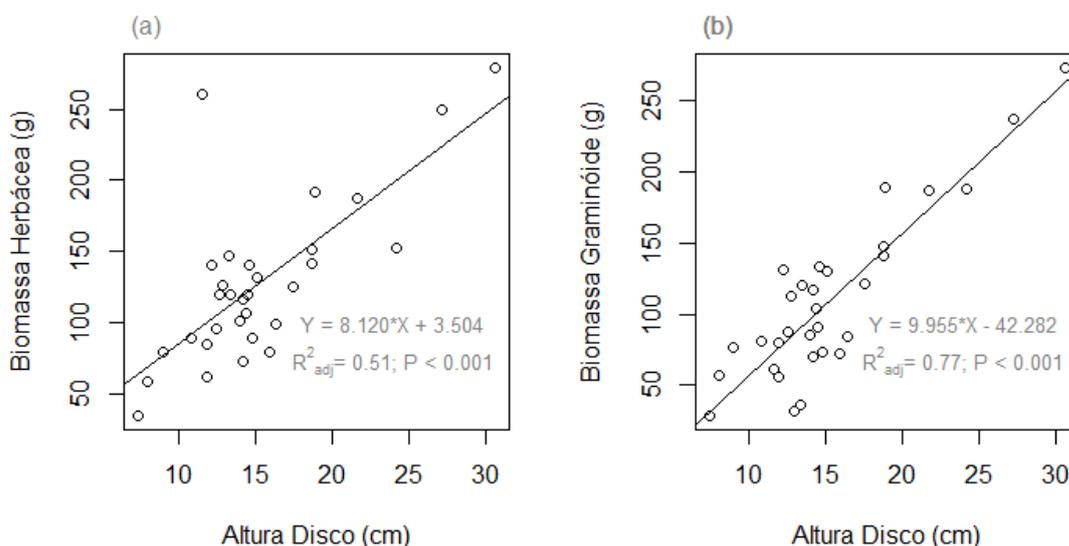
**Tabela 2:** Valores médios por parcela para as variáveis usadas nas análises estatísticas.

<b>Parcela</b>	<b>Altura Prato de Queda (cm)</b>	<b>Biomassa Herbácea (g)</b>	<b>Biomassa de Gramíneas (g)</b>
1	14.0	101.48	85.65
2	24.2	152.55	187.88
3	12.7	119.68	112.97
4	15.9	78.97	71.78
5	11.9	84.30	79.70
6	12.5	95.40	87.43

7	12.9	125.65	31.27
8	18.9	191.41	189.05
9	11.6	260.61	61.70
10	14.5	119.99	90.60
11	13.4	120.11	120.11
12	10.8	89.47	81.39
13	16.4	99.30	83.79
14	12.2	140.66	131.27
15	7.4	34.76	28.93
16	14.2	116.63	116.41
17	17.5	125.31	121.13
18	9.0	78.89	76.30
19	8.0	58.43	56.41
20	18.7	151.24	147.25
21	13.3	146.92	35.78
22	15.1	131.22	130.44
23	21.7	187.20	186.30
24	11.9	62.16	55.38
25	30.6	278.95	272.79
26	14.8	89.15	73.04
27	14.6	140.08	133.58
28	27.2	249.80	237.31
29	14.4	105.99	103.55
30	18.7	141.91	140.82
31	14.2	72.91	69.95

---

As regressões lineares indicaram a existência de uma relação significativa entre as duas medidas de biomassa e a altura do disco (isto é, P foi menor do que 0.05; Figura 3). No entanto, a variação explicada pelo modelo, foi muito maior para a biomassa de gramíneas (Figura 3b;  $R^2 = 0.77$ ;  $P < 0.001$ ) do que para a biomassa de uma forma geral (Figura 3a;  $R^2 = 0.51$ ;  $P < 0.001$ ). As equações das retas de regressão para cada análise são fornecidas na Figura 2.



**Figura 3:** Resultado das regressões lineares entre a biomassa herbácea (a) e de gramíneas (b) e as medidas de altura do disco de queda para 31 parcelas amostradas no Parque Nacional da Serra da Canastra. As equações da reta e os resultados de cada análises estão mostradas dentro de cada painel, em cinza. (fonte: o autor).

## 7. DISCUSSÃO

Nossos resultados mostraram relações robustas entre a altura média do prato de queda e as medidas de biomassa do estrato herbáceo, sobretudo de gramíneas. Esse resultado é consistente com estudos prévios em outras savanas, mostrando que a Placa de Queda é um método efetivo para se estimar a biomassa de gramíneas ( $R^2_{adj}=0.77$ ). Por outro lado, para a estimativa da biomassa herbácea um grau menor de precisão foi encontrado ( $R^2_{adj}=0.51$ ). No entanto, tal valor para a ecologia ainda garante uma boa confiabilidade no resultado, já que, em estudos observacionais de campo, há uma maior variabilidade de elementos entre as parcelas que não estão sob o controle do observador, e que podem vir introduzir erros nas análises. Além disso, o maior erro nas análises de biomassa herbácea parece estar relacionado com o eventual aparecimento de plantas herbáceas não-graminóides com tecidos de reserva localizados acima do nível do solo, os quais tem altos valores de massa, ressaltando-se, entretanto, que, aqui, que não foram coletadas amostras de vegetação lenhosa no estudo.

O estudo de Zambatis, na África do Sul, encontrou uma relação ainda mais robusta que a encontrada nesse estudo ( $R^2_{adj} = 0.939$ ;  $P = 0.000$ ; Zambatis *et al.* 2006). Nesse estudo, as medições foram feitas em um volume consideravelmente maior de amostras e parcelas. Podemos prever, em suma, que com um maior número de parcelas e amostras medidas e coletadas seria possível aumentar a acurácia dos resultados. Outro fator potencialmente relevante é a maior presença de espécies com tecidos de reserva abaixo e ao nível do solo no Cerrado quando comparado a savanas africanas (Dantas & Pausas 2020). Por exemplo, um ponto coletado destoou bastante das demais parcelas no valor de biomassa herbácea, apresentando mais de 250 gramas de material coletado, enquanto o disco atingiu apenas a altura de 12 cm aproximadamente. Tal parcela se encontrava em local com maior presença de plantas herbáceas contendo xilopódios cuja parte aérea e

subterrânea era difícil de separar e algumas dessas plantas acabaram sendo amostradas nas coletas de biomassa. Essa parcela contribuiu bastante para a redução do valor de  $R^2_{adj}$ .

Vale ressaltar que foram medidas e coletadas amostras de apenas três parcelas em cerrado *sensu stricto* e nenhuma parcela nas fitofisionomias florestais do cerrado de mata ciliar, mata de galeria e cerradão. Podemos supor que medidas nessas fitofisionomias diminuiriam ou aumentariam o valor de  $R^2_{adj}$ , ou seja, o poder preditivo de nosso modelo, já que a cobertura de gramíneas é bastante influenciada pela incidência de luz (Pilon *et al.* 2021). Assim, embora nossos resultados confirmem nossa hipótese de que o disco de queda é uma ferramenta poderosa para a predição da biomassa herbácea e de gramíneas no cerrado, estudos que incluam essas fitofisionomias poderiam ajudar a desenvolver equações e modelos que possam ser aplicadas a uma gama ainda maior de tipos de vegetação, ou seja, que possam ser aplicados para a região do Cerrado como um todo. As equações derivadas do presente estudo são mais adequadas para o estudo de vegetações abertas, como campos limpos e sujos.

Uma vez que a biomassa de gramíneas é um importante determinante da inflamabilidade na vegetação, o disco de queda pode ser usado como um indicador indireto dos regimes de fogo sob os quais a vegetação está submetida. Exemplos de estudos em que esse método poderia ser empregado incluem o mapeamento de áreas com grande potencial de produção de biomassa graminóide e mapeamento de localidades em risco de queimas severas. Além disso, o método pode ser usado para determinar a capacidade de áreas de cerrado serem usadas como pastagens naturais.

Algumas limitações do nosso estudo incluem o baixo número de parcelas analisadas (31), devido ao tempo e recursos disponíveis para a realização da pesquisa, além da restrição de distância das estradas para a escolha dos pontos, cobrindo apenas uma pequena parte do PNSC. É possível que uma pesquisa que abrangesse pontos em

todas as áreas do parque atingiria resultados mais fidedignos com a realidade do local. É interessante que ocorram mais pesquisas nessa linha criando assim um maior volume de dados, aumentando a precisão das estimativas com a oferta de amostras mais variadas. Também estudos periódicos nestas localidades contribuiriam com o acréscimo de informações sobre mudanças temporais, podendo se estimar o potencial de recuperação de áreas atingidas por incêndios, a capacidade de cada área de gerar biomassa e tornando possível avançar em estudos que relacionam outros fatores não considerados neste trabalho, como altitude, declividade, incidência solar entre outros.

No presente trabalho, nós mostramos que o disco de queda é uma ferramenta muito útil para a estimativa de biomassa herbácea e de gramíneas no Cerrado, podendo ser usada em estudos sobre os determinantes da inflamabilidade nas comunidades de campo e savana do Cerrado. Assim, o estudo atribui um importante passo no sentido de entender o papel do fogo na estruturação das comunidades vegetais do Cerrado.

## **8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

AB'SABER, A. N. Domínios morfoclimáticos e províncias fitogeográficas do Brasil. *Orientação*, v. 3, n. 1, p. 45-48, 1967.

CARDOSO, E. et al. Mudanças Fitofisionômicas no Cerrado: 18 anos de sucessão ecológica na Estação Ecológica do Panga. Uberlândia – MG. *Caminhos de Geografia*, v. 10, n. 32, 2009.

COUTO JÚNIOR, A. F. et al. Integração de parâmetros morfométricos e imagem aster para a delimitação das fitofisionomias da Serra da Canastra, Parque Nacional da Serra da Canastra, MG. 2010.

- COSTA, M. B. T., et al. "Beyond trees: Mapping total aboveground biomass density in the Brazilian savanna using high-density UAV-lidar data." *Forest Ecology and Management* 491 (2021).
- DANTAS, V. L.; BATALHA, M. A.; PAUSAS, J. G. Fire drives functional thresholds on the savanna–forest transition. *Ecology*, v. 94, n. 11, p. 2454-2463, 2013.
- DANTAS, V. L.; BATALHA, M. A. Vegetation structure: Fine scale relationships with soil in a cerrado site. *Flora*, 206, 341–346, 2011.
- DANTAS, V. L.; PAUSAS, J. G. The lanky and the corky: fire-escape strategies in savanna woody species. *Journal of Ecology (Print)*, v. 101, p. 1265-1272, 2013.
- DANTAS, V. L.; PAUSAS, J. G. Megafauna biogeography explain plant functional trait variability in the tropics. *Global Ecology and Biogeography*, v. 29, p. 1288-1298, 2020.
- GOTELLI, N. J.; ELLISON, A. M. *Princípios de estatística em ecologia*. Artmed, Porto Alegre, p. 510, 2011.
- HOFFMANN, W. A. et al. Ecological thresholds at the savanna-forest boundary: how plant traits, resources and fire govern the distribution of tropical biomes. *Ecology Letters*, 15, 759-768, 2012.
- LE STRADIC, S. et al. Variation in biomass allocation and root functional parameters in response to fire history in Brazilian savannas. *Journal of Ecology*, v. 109, n. 12, p. 4143-4157, 2021.
- NAKAJIMA, J. N., SEMIR, J. Asteraceae no Parque Nacional da Serra da Canastra, Minas Gerais, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica*, v. 24, p. 471-478, 2001.

- NEWBERRY, B. M. et al. Flammability thresholds or flammability gradients? Determinants of fire across savanna–forest transitions. *New Phytologist*, v. 228, n. 3, p. 910-921, 2020.
- NOVAIS, G. T. et al. Caracterização climática da mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba e do entorno da Serra da Canastra (MG). 2011.
- PAUSAS, J. G.; DANTAS, V. L. Scale matters: fire-vegetation feedbacks are needed to explain tropical tree cover at the local scale. *Global Ecology and Biogeography* (Print), v. 26, p. 395-399, 2017.
- PHILLIPS, D. S. M.; CLARKE, S. E. The calibration of a weighted disc against pasture dry matter yield. In: *Proceedings of the New Zealand Grassland Association*. p. 68-75, 1971.
- PILON, N. et al. Shade alters savanna grass layer structure and function along a gradient of canopy cover. *Journal of Vegetation Science*, v.32, p. e12959, 2021.
- R CORE TEAM (2020). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- RAYBURN, E.; LOZIER, J. Estimating pasture forage mass from pasture height. *Fact Sheet*. October, 2003.
- RIBEIRO, J. F. & WALTER, B. M. T. As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. Em: SANO, S. M.; DE ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. (editores) **Cerrado: ecologia e flora**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008.

- SANO, E. E.; FERREIRA, L. G. Monitoramento semidetalhado (escala de 1: 250.000) de ocupação de solos do Cerrado: considerações e proposta metodológica. Simpósio Brasileiro De Sensoriamento Remoto, v. 12, p. 3309-3316, 2005.
- SANTOS, M. A. et al. O cerrado brasileiro: notas para estudo. 2010.
- SILVA, L. R. C. Et al. Expansion of Gallery Forests Into Central Brazilian Savannas. *Global Change Biology*. v. 14, n. 9, p. 2108-2118, 2008.
- STAVER, A. C. et al. Soils and fire jointly determine vegetation structure in an African savanna. *New Phytologist*, 216, 1151-1160, 2017.
- ZAMBATIS, N. et al. Re-evaluation of the disc pasture meter calibration for the Kruger National Park, South Africa. *African Journal of Range and Forage Science*, v. 3, n. 2p, p. 85-97, 2006.