



Mercator - Revista de Geografia da UFC
ISSN:
ISSN: 1984-2201
edantas@ufc.br
Universidade Federal do Ceará
Brasil

APLICAÇÃO DE INDICES DE VEGETAÇÃO PARA AVALIAR O ESTOQUE DE CARBONO

Dacal, Richa

Asheswar Mandal, CARNEIRO

APLICAÇÃO DE INDICES DE VEGETAÇÃO PARA AVALIAR O ESTOQUE DE CARBONO

Mercator - Revista de Geografia da UFC, vol. 21, núm. 1, pp. 1-16, 2022

Universidade Federal do Ceará

Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=273674020016>

Sem seção

APLICAÇÃO DE INDICES DE VEGETAÇÃO PARA AVALIAR O ESTOQUE DE CARBONO

Richa Dacal

richadhakal38@gmail.com

CARNEIRO Asheswar Mandal

richadhakal38@gmail.com



Acceso abierto diamante

Abstract

Isso foi conduzido objetivamente para estimar o estoque de carbono, mostrar a relação entre estoque e índices de carbono e avaliar os fatores que afetam o estoque de carbono em florestas comunitárias. Três florestas comunitárias (FCs) - Gumalchowki, Mahakalsthan e Mahalaxmi do município de Chandragiri, no Nepal, foram selecionadas como locais de pesquisa. Ao todo, 135 parcelas foram estabelecidas aleatoriamente para a coleta de dados em campo. A biomassa foi calculada usando Chave et al., equação que foi convertida em estoque de carbono multiplicando-se pelo valor padrão 0,47. Foram calculados os valores de Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), Índice de Vegetação por Diferença (IDV) e Índice de Porcentagem de Vegetação no Infravermelho (IPVI) e realizada equação de regressão entre os índices e estoque de carbono. O resultado mostrou que o estoque total de carbono acima do solo foi maior em Mahalaxmi CF com 30,42 ton/ha, seguido por Mahakalsthan CF com 22,62 ton/ha e comparativamente menor com 21,55 ton/ha em Gumalchowki CF. A análise de regressão entre estoque de carbono e índices mostrou correlação significativa e positiva. O valor de R² do NDVI de Gumalchowki, Mahakalsthan e Mahalaxmi CF foi de 0,51, 0,54 e 0,58, assim como o valor de RMSE das FCs foi de 1,41, 1,36 e 1,91, respectivamente. A análise de componentes principais mostrou que a construção de estradas, a expansão de linhas de transmissão, a erosão do solo, a invasão, doenças, ervas daninhas, recreação, extração ilegal de madeira são os principais fatores que afetam o estoque de carbono nas três florestas comunitárias.

Keywords: Carbono, Nepal, Florestas Comunitárias.

Resumo

O presente trabalho foi conduzido objetivamente para estimar o estoque de carbono, mostrar a relação entre seu estoque e índices, bem como avaliar os fatores a afetarem seu estoque nas florestas comunitárias. Três florestas comunitárias (CFs), nomeadamente Gumalchowki, Mahakalsthan e Mahalaxmi do município de Chandragiri no Nepal, foram selecionadas. Ao todo 135 parcelas foram estabelecidas aleatoriamente para coletar dados de campo. A biomassa foi calculada usando Chave et al., equação que foi convertida em estoque de carbono multiplicando pelo valor padrão 0,47. Os valores do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), Índice de Vegetação por Diferença (DVI) e Índice de Vegetação Porcentual de Infravermelho (IPVI) foram calculados e a equação de regressão entre os índices e o estoque de carbono foi realizada. O resultado mostrou que o estoque total de carbono acima do solo foi maior em Mahalaxmi CF com 30,42 ton/ha, seguido por Mahakalsthan CF com 22,62 ton/ha e comparativamente mais baixo com 21,55 ton/ha em Gumalchowki CF. A análise de regressão entre estoque de carbono e índices mostrou correlação significativa e positiva. O valor R² de NDVI de Gumalchowki, Mahakalsthan e Mahalaxmi CF foi de 0,51, 0,54 e 0,58, também, o valor de RMSE de CFs foi de 1,41, 1,36 e 1,91, respectivamente. A análise de componentes principais mostrou que a construção de estradas, expansão da linha de transmissão, erosão do solo, invasão, doenças, ervas daninhas, recreação, extração ilegal de madeira são os principais fatores que afetam o estoque de carbono em todas as três florestas comunitárias.

Palavras-chave: Carbono, Nepal, florestas comunitárias.

Résumé

La recherche a été réalisée objectivement pour estimer le stock de carbone, pour montrer la relation entre son stock et les indices et pour évaluer les facteurs affectant le stock de carbone dans les forêts communautaires. Trois forêts communautaires (CF) à

savoir Gumalchowki, Mahakalsthan et Mahalaxmi de la municipalité de Chandragiri au Népal ont été sélectionnées comme sites de recherche. Au total, 135 parcelles ont été établies au hasard pour recueillir des données sur le terrain. La biomasse a été calculée à l'aide de Chave et al., équation qui a été convertie en stock de carbone en multipliant par défaut la valeur 0,47. Les valeurs de l'indice de végétation par différence normalisée (NDVI), de l'indice de végétation par différence (DVI) et de l'indice de végétation en pourcentage dans l'infrarouge (IPVI) ont été calculées et l'équation de régression entre les indices et le stock de carbone a été réalisée. Le résultat a montré que le stock total de carbone au-dessus du sol était le plus élevé à Mahalaxmi CF avec 30,42 tonnes/ha, suivi par Mahakalsthan CF avec 22,62 tonnes/ha et comparativement le plus bas avec 21,55 tonnes/ha à Gumalchowki CF. L'analyse de régression entre le stock de carbone et les indices a montré une corrélation significative et positive. La valeur R² du NDVI de Gumalchowki, Mahakalsthan et Mahalaxmi CF s'est avérée être de 0,51, 0,54 et 0,58, également, la valeur RMSE des FC était de 1,41, 1,36 et 1,91 respectivement. L'analyse en composantes principales a montré que la construction de routes, l'expansion de la ligne de transmission, l'érosion des sols, l'empiètement, les maladies, les mauvaises herbes, les loisirs, l'exploitation forestière illégale sont les principaux facteurs affectant le stock de carbone dans les trois forêts communautaires.

Mots clés: Carbono, Nepal, Florestas Comunitárias.

INTRODUÇÃO

Uma metodologia e abordagem é muito importante para o monitoramento e avaliação do carbono florestal (Smith et al., 2008, Soenen et al., 2010). Quanto maior a densidade da coroa, maior é o valor da refletância. É óbvio que a maior densidade de flocos é o indicador da maior biomassa e carbono. Assim, a reflexão da xícara que é capturada como dados em sensoriamento remoto é uma ferramenta útil para avaliar o carbono florestal (Näsi et al., 2015, Cui et al., 2019). O carbono florestal é creditado como um crédito de carbono, não como um mecanismo de REDD+. O carbono está contribuindo para minimizar o impacto do clima (Palmer, 2011). As people's bilhões se beneficiam da floresta e do ecossistema florestal, os benefícios podem ser simplesmente classificados em benefícios tangíveis e intangíveis. Os benefícios tangíveis são madeira, lenha, forragem, lixo, Medicamentos enquanto os benefícios intangíveis são a conservação do solo, fertilidade, restauração da água. Milhões de indústrias são baseadas em produtos tangíveis que têm apoiado a promoção da subsistência da população local. O sequestro de carbono é dois importantes benefícios indevidos na floresta (Gunawardena et al., 2020).

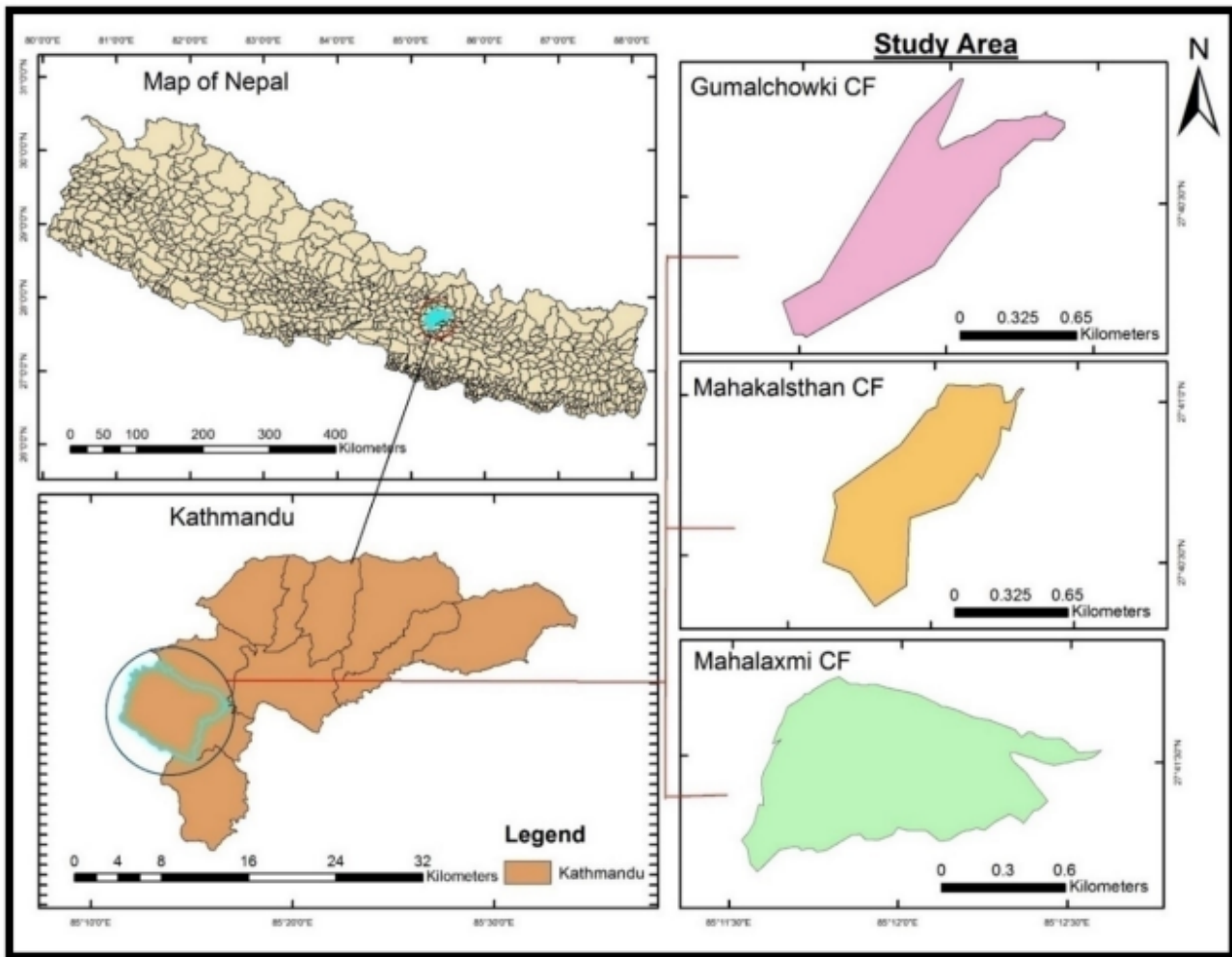
O sequestro de carbono está desempenhando um papel vital na minimização do impacto das mudanças climáticas, reduzindo o mecanismo de redução de emissões por degradação e degradação florestal (REDD), tornando-se popular especialmente em países onde a degradação florestal é muito alta (Asner et al., 2010, Bhandari, 2012, Cao et al., 2010, Bhandari, 2012, Cao et al., 2010). 2012), 1 tonelada de carbono acumulada na atmosfera resultou na remoção de 3,67 toneladas de dióxido de carbono da atmosfera. Mais de um país está trabalhando com o mecanismo de REDD+ no mundo (Mandal et al., 2017, Amir et al., 2018). Essa fase é considerada como um pagamento baseado em fases que não funciona no mecanismo de REDD+ que requer estratégias de REDD+, relatórios de monitoramento e verificação e o nível de encaminhamento de emissão (Mandal et al., 2016, Zhong et al., 2017, Sharma & Kakchupati, 2018).

Técnicas de sensoriamento remoto (SR) têm sido utilizadas para melhorar o uso do mapeamento e monitoramento da vegetação (Ingram et al., 2005; Lu et al., 2004; Maynard et al., 2007), que mede a reflexão espectral da vegetação (Zianis et al., al. al., 2005). Em diversas pesquisas, os modelos de índice de vegetação (IVs) baseados em satélites são os modelos mais utilizados para a estimativa da biomassa (Foody et al., 2003; Schlerf et al., 2005; Zheng et al., 2004). Muitos estudos prévios revelaram uma relação positiva significativa entre a biomassa e os índices de vegetação (Steininger, 2000; Zheng et al., 2004, Maynard et al., 2007). Da mesma forma, uma pesquisa na província de Savannakhet, Laos PDR mostrou uma correlação significativa entre a biomassa isolada (AGB) e o valor de reflexão espectral de diferentes índices (Vicharnakorn et al., 2014). No entanto, esses tipos de pesquisas são muito limitados no Nepal. Assim, este estudo foi realizado para estimar o estoque de carbono e mostrar sua correlação com o valor de reflexão dos índices e também dos fatores que afixam o estoque de carbono nas florestas comunitárias.

MATERIAIS E METODOLOGIA

PESQUISA LOCAL

O distrito de Kathmandu está localizado entre a latitude 27,700769° N e a longitude 85,300140° E na região montanhosa da província de Bagmati, no centro do Nepal. É uma bacia intermontanhosa de forma oval que se estende por cerca de 30 km na direção oeste-oeste e 25 km na direção norte-sul e ocupa cerca de 650 km² e uma altitude varia de 1220 a 1500m. A temperatura média e a precipitação foram de 16,1°C e 1343 mm por ano, respectivamente. Município de Chandragiri localizado na parte sudoeste do vale de Katmandu, na província de Bagmati. Tem uma área total de 43,92 km². Os CFs Gumalchowki, Mahakalsthan e Mahalaxmi estão entre 1400m e 2580m acima do nível do mar. Principalmente, Katus (*Castanopsis indica*), Chilauni (*Schima wallichii*), Salla (*Pinus roxburghii*), Uttis (*Alnus nepalensis*), Khasru (*Quercus semecarpifolia*),



#fig1en.jpg

Figura 1 - Mapa da área de estudo

PROJETO DE AMOSTRAGEM

Testes aleus simples com intensidades de mostragem de 3,3%, 3,6% e 2,5% foram aplicados para Gumalchowki FC, Mahakalsthan CF e Mahalaxmi CF, respectivamente.

FLORESTAIS DICE RABO DE CAVALO

A coleta de dados primários e secundários foi realizada na pesquisa. Observações, inventários e entrevistas com informantes-chave (KII) foram incluídos na fila de dados primários, assim que a navegação na internet, livros, relatórios, dias e plano operacional florestal comunitário foram incluídos nos dados secundários para atender aos objetivos da pesquisa. Um total de 135 parcelas amostrais foram estabelecidas para coletar os dados. O método de aninhada plot sugerido por Ravindranath e Ostwald, (2008) foi utilizado no delineamento amostral para minimizar os efeitos de popa, que geralmente ocorrem em gráficos retangulares ou quadrados. Uma parcela circular de 500 m² com 12,61 m de raio foi estabelecida para medir o diâmetro à altura do peito (DAP) das árvores e postes (>10cm), em 100 m² com 5,64 m de raio foi estabelecida para mudas (<10cm) e 0,56 m de raio para coletar serapilheira, restos de madeira, ervas e gramíneas.

O diâmetro na altura do peito (DAP a 1,3 m de altura) e a altura dos indivíduos arbóreos e de dois postes maiores ou iguais a 5 cm foram medidos e registrados. Amostras de folhas, serapilheira, ervas e grama foram coletadas. Para isso, foi usado amostragem destructiva, sendo obtido o peso fresco e registrado em laboratório o peso seco.

ANÁLISE DE DADOS

A biomassa total acima do solo foi calculada pela soma do carbono na biomassa das árvores acima do solo, carbono na biomassa de molas de solo e carbono na serapilheira, ervas e biomassa de gramíneas.

ESTIMATIVA DE BIOMASSA ACIMA DO SOLO

A biomassa total de árvores/postes foi calculada utilizando-se a equação desenvolvida por (Chave et al., 2005).

$$AGTB=0,0509 \times \rho \cdot DDH$$

OndeOnde

AGTB = biomassa arbórea apenas no topo do piso (kg),

ρ = gravidade específica da Madeira (gm/cm³), D = diâmetro da árvore (cm) e H = altura da árvore (m).

A biomassa das árvores, o estoque de carbono em kg/m² foi calculadondo o total de todos os pesos individuais em kg de uma parcela amostral pela área da parcela amostral (m²). O método unitário foi usado para converter o valor para t/ha.

BIOMASSA DE FOLHAS, ERVAS E GRAMA

No caso de ervas, gramíneas e serapilheiras e plantas de pequeno porte (DAP <5cm), calculou-se uma quantidade de biomassa por unidade de área utilizando a seguinte fórmula:

$$Biomass \left(\frac{t}{ha} \right) = \left(\frac{W \text{ field}}{A} \right) \times \left(\frac{W \text{ sample, dry}}{W \text{ sample, wet}} \right) \times \frac{1}{10000}$$

#form1.jpg

Campo W = peso de amostras frescas de serapilheira, ervas e gramíneas, que foram mostradas destrutivamente dentro da área dada em (g)

A = tamanho da área em que foi coletada serapilheira, ervas e gramíneas (ha);

W amostra, seca = peso da subamostra seca em estufa serapilheira, ervas e gramíneas que foram retiradas para determinação da teoria da umidade (g); (Cerca de 40% do peso fresco)

E, amostra W, umima = peso da subamostra fresca de serapilheira, ervas e gramíneas que foram coletadas para determinar a teoria da umidade (g)

CÁLCULO DE RAPO DE CARBONO

O valor da biomassa foi convertido em estoque de carbono à medida que a biomassa foi multiplicada pelo padrão de carbono de 0,47 (IPCC, 2006; McGroddy et al., 2004).

$$\text{Rapiro de Carbono} = AGTB \times 0,47$$

OndeOnde

AGTB= Biomassa total acima do solo

O carbono total na biomassa só será calculado pela fórmula:

$$C(\text{TAGB})=C(\text{AGTB})+C(\text{AGSB})+C(\text{LHGB})$$

OndeOnde

C (TAGB) = Carbono total somente na biomassa (t/ha)

C (AGTB) = Carbono isolado na biomassa arbórea (t/ha)

C (AGSB) = Carbono na biomassa de muda isoladamente (t/ha)

C (LHGB) = Carbono na serapilheira, ervas e biomassa de gramíneas (t/ha)

CÁLCULO DE DIFERENTES ÍNDICES DE VEGETAÇÃO (VI)

O Landsat 8 (OLI) foi baixado do United States Geological Survey (USGS: <https://www.usgs.gov/>). As reflexões da banda vermelha e da banda infravermelha podem ser usadas para monitorar a intensidade a densidade do crescimento da vegetação verde.

A vegetação verde reflete mais energia na faixa do infravermelho próximo do que na faixa do visível. Observe banda vermelha mais para o processo de fotossíntese. Portanto, os índices de vegetação formados pelas bandas foram utilizados para correlacionar o estoque de carbono medido no campo com o auxílio de coordenadas GPS.

As coordenadas da mediação de carbono baseada no solo foram usadas para correlacionar o valor de refletância do pixel da imagem onde os dados do solo foram coletados.

S.N.	Vegetation Index	Formula	Range	Introduced by:
1.	Difference Vegetation Index (DVI)	$DVI = NIR - RED$	∞ (Infinite)	Lillesand et al., (2015)
2.	Infrared Percentage Vegetation Index (IPVI)	$IPVI = \frac{NIR}{NIR + RED}$	0 to +1	(Karnell et al., 2007)
3.	Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)	$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$	-1 to +1	Tucker, (1979)

#tab1en.jpg

Tabela 1 - Tabela com informações sobre os índices de vegetação
Tabela 1 - Tabela COM Informações sobre os índices de vegetação

ANÁLISE ESTATÍSTICA

Foi realizado o Kolmogorov-Smirnov e Shapiro-Wilk para verificar a normalidade dos dados. O conjunto de dados coletados mostrou-se normal, portanto, uma correlação adicional foi realizada. Posteriormente, a análise de correlação de Pearson foi utilizada para explorar a correlação entre os estoques de carbono e os índices de vegetação. ANOVA e testes foram realizados para verificar a equação, intercepto e constante foram significativos ao nível de confiança de 95%.

Finalmente, Raiz do Erro Quadrático Médio (RMSE), RMSE%, Bias, Bias%, Raiz da Razão do Erro Quadrático Médio (RSR) foram calculados para examinar o desempenho da equação comparando o valor previsto e o valor real calculado conjunto de dados de campo adicional (Raiz do Erro Quadrático Médio).

RESULTADO E DISCUSSÃO

ALTURA MÉDIA E CLASSE DAP DE TAMOS EM FLORESTAS COMUNITÁRIAS

A altura média e a classe de diâmetro variaram na floresta da comunidade. A maior classe de diâmetro foi registrada DAP > 50 cm e a altura média dessa classe foi de 19,36, 17,74 e 16,67, enquanto a altura média do caule foi menor na classe DAP (0-10 cm) foi de 6,52, 5,99 e 6,54 mm em Gumalchowki, Mahakalsthan e Mahalaxmi CF, respectivamente (Tabela 2).

Diameter class (cm)	Average height (m)			Remarks
	Gumalchowki CF	Mahakalsthan CF	Mahalaxmi CF	
0-10	6.52	5.99	6.54	
10.1-20	9.48	9.43	10.07	
20.1-30	10.86	10.32	10.54	
30.1-40	14.43	13.09	12.93	
40.1-50	15.98	14.53	15.22	
> 50	19.36	17.74	16.67	

#tab2en.jpg

Tabela 2 - Estoque de carbono (ton/ha) segundo DAP em CFs

Tabela 2 - Carbon Rapier (ton/ha) segundo DAP em CFs

ANÁLISE DESCRITIVA DO ESTOQUE DE CARBONO (TON/HA) E DENSIDADE (N/HA) DE DIFERENTES CFS

A estatística descritiva do estoque de carbono na floresta da comunidade variou de acordo com a classe de DAP. O estoque de carbono estimado foi o maior na DAP > 50 cm, com 13,47±1,34, 12,25±1,00 e 10,51±0,80 toneladas/ha em Gumalchowki CF, Mahalxmi CF e Mahakalsthan CF, respectivamente. Entretanto, o menor registro de estoque de carbono foi encontrado em DAP<10 cm com 0,13±0,01, 0,14±0,02 e 0,15±0,01 toneladas/ha em Mahakalsthan CF, Mahalaxmi CF e Gumalchowki CF, respectivamente.

Community forests	Description	Gumalchowki CF			Mahakalsthan CF			Mahalaxmi CF		
		Mean±SE	SD	Range	Mean±SE	SD	Range	Mean±SE	SD	Range
0-10	Carbon	218.18±20.42	95.8	100-400	190±34.72	155.26	100-700	214.29±26.08	119.52	100-600
10.1-20	Carbon	421.43±38.18	247.46	100-900	443.59±34.42	214.96	100-1000	342.5±40.81	258.09	100-1100
20.1-30	Carbon	323.81±31.38	203.4	100-1000	402.33±28.53	187.07	100-800	358.54±26.36	168.78	100-900
40.1-50	Carbon	24±2.89	11.21	20-60	40±6.41	23.09	20-80	30.37±3.6	18.7	20-100
> 50	Carbon	27.5±5.26	14.88	20-60	31.67±3.86	13.37	20-60	30.83±3.4	16.66	20-80

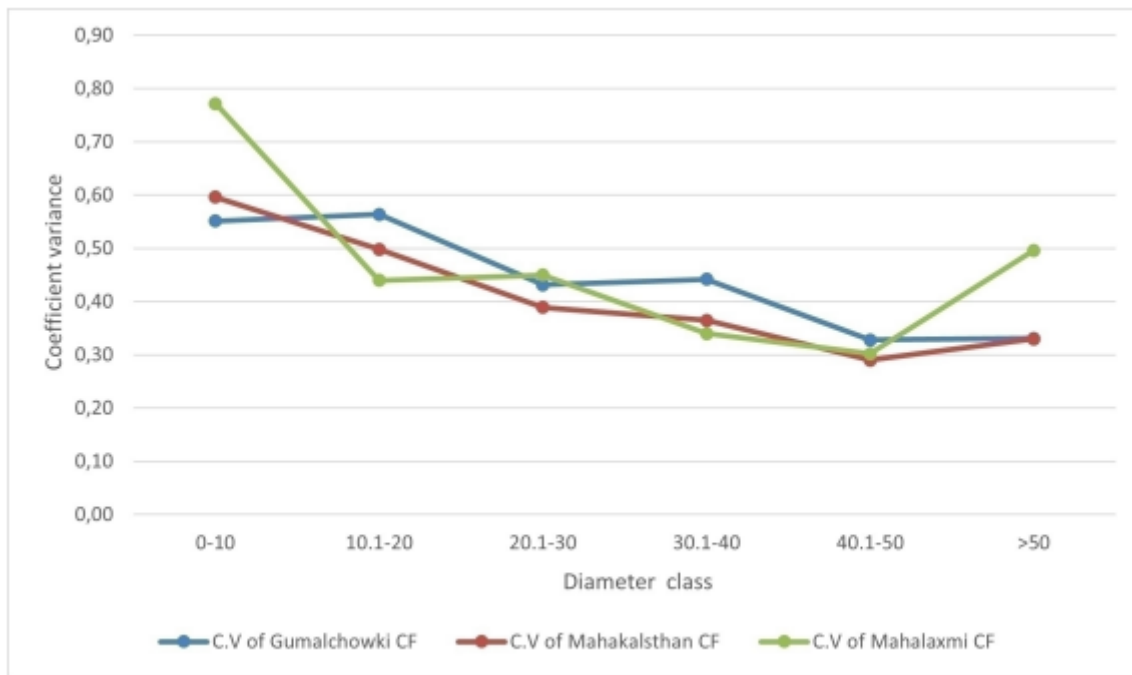
#tab3en.jpg

Tabela 3 - Análise descritiva do estoque de Carbono (ton/ha) dos CFs

Tabela 3 - Análise descritiva do estoque de Carbono (ton/ha) dos CFs

COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (CV) DA PARTICIPAÇÃO NO CARBONO MOSTRANDO A CLASSE DE DIÂMETRO NAS FLORESTAS COMUNITÁRIAS

O coeficiente de variância é uma razão entre o desvio do padrão e do meio. Quanto maior o coeficiente de variação, maior o nível de variabilidade relativa e vice-versa.



#fig2en.jpg

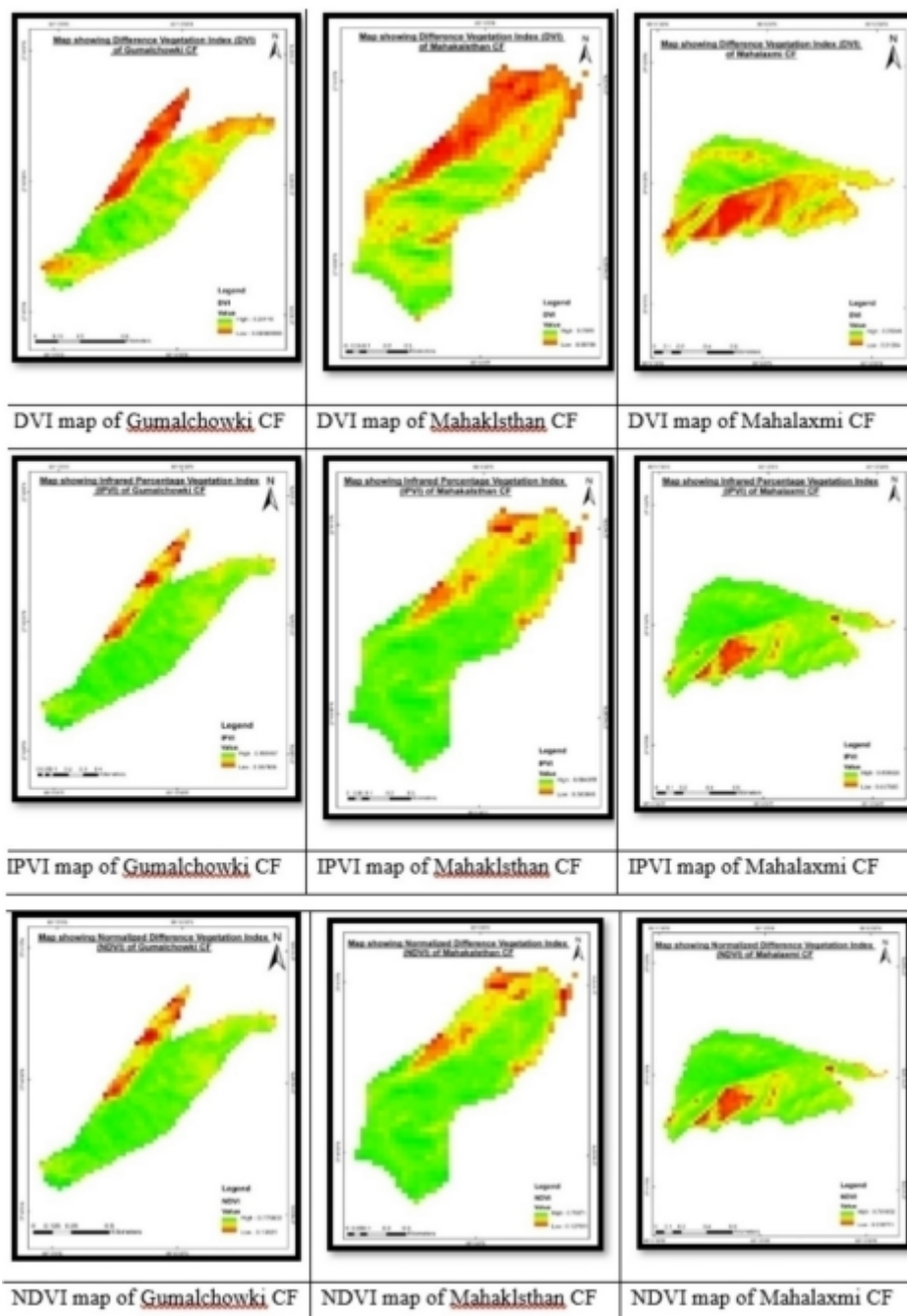
Figura 2 - Coeficiente de variância e classe de diâmetro das florestas comunitárias
coeficiente

2 ilustra que o coeficiente de variação da classe DAP de 40,1-50 cm de todas as florestas comunitárias foi menor que 0,30 a 0,33, enquanto este foi o DAP mais alto > 50 cm e DAP < 10 cm com 0,5 e 0,77. Mostrou que a estaca de carbono foi mais consistente na classe DAP de 40,1 a 50 cm, enquanto foi menos consistente para DAP > 50 cm.

MAPA DE EXIBIÇÃO DE DVI, IPVI E NDVI DA FLORESTA COMUNITÁRIA

GPS

Um total de nove mapas foram produzidos para mostrar os diferentes índices em florestas comunitárias. O valor da reflectância foi estimado para correlacionar com o estoque de carbono na floresta da comunidade usando coordenadas GPS.



#fig3en.jpg

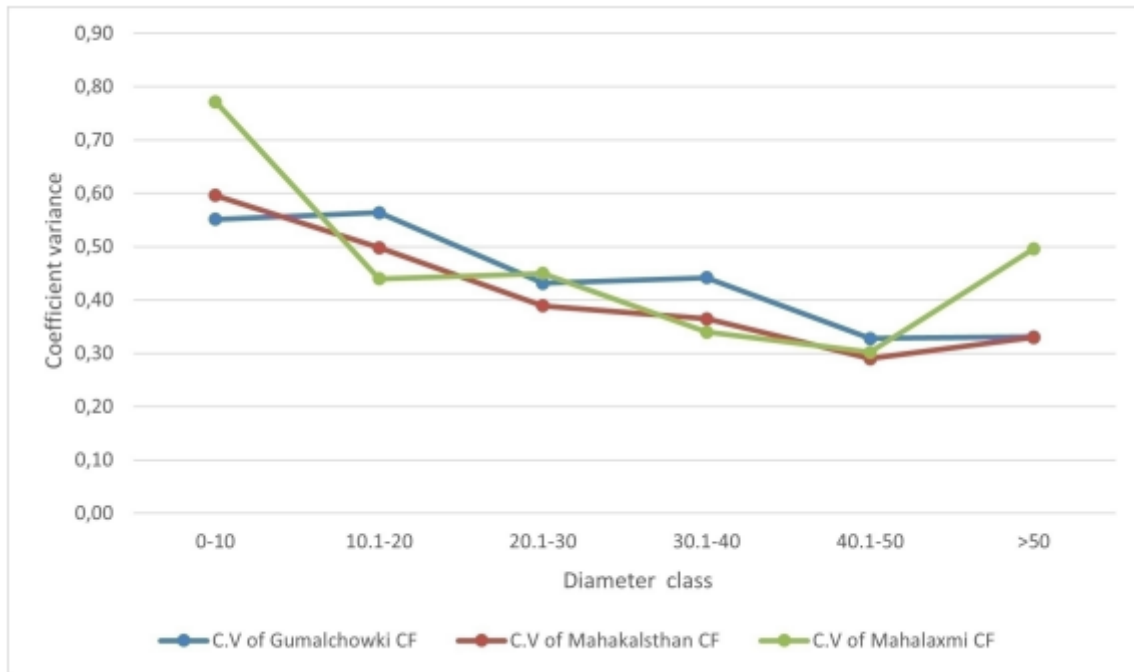
Figura 3 - Mapa das diferentes florestas comunitárias indexadas.

CORRELAÇÃO ENTRE DIFERENTES ÍNDICES DE VEGETAÇÃO E ESTOQUE DE CARBONO

NDVI VS ESTOQUE DE CARBONO EM FLORESTAS COMUNITÁRIAS

Gráficos de dispersão foram desenhados para mostrar a relação entre o estoque de carbono e o valor de reflexão em índices derivados. A correlação forte e positiva foi encontrada entre o valor de NDVI e carbono na floresta da comunidade. A razão R^2 entre carbono e NDVI foi de 0,51, 0,54 e 0,58 em Gumalchowki, Mahakalsthan e Mahalaxmi CF, respectivamente (Figuras 4 a 6). A ANOVA e os testes também foram realizados de forma significativa, uma vez que o valor de P foi menor que 0,05 em todas as FCs. Da mesma forma, a relação entre DVI e estaca de carbono (ton/ha) também foi positiva nas florestas comunitárias. Os valores da relação R^2 entre carbono e DVI foram 0,49, 0,46 e 0,46 em Gumalchowki,

Mahakalsthan e Mahalaxmi CF, respectivamente (Figuras 7 a 9). A ANOVA aplicada e os testes mostraram correlação significativa entre essas duas variáveis de $P < 0,05$ em todas as FCs. Além disso, a correlação entre a reflexão do estoque de carbono e os valores do IPVI também foi positiva nas florestas comunitárias. O valor de R^2 na relação entre carbono e IPVI foi de 0,44, 0,41 e 0,435 em Gumalchowki, Mahakalsthan e Mahalaxmi CF, respectivamente. Uma equação, intercepto e constante da equação foram examinadas por ANOVA e testes que se mostraram significativos de $P < 0,05$ (Figura 4 a 12).



#fig4to9en.jpg
 #Fig4to9pt.jpg
 #Fig4to9pt.JPG

Community forests	Description	Gumalchowki CF			Mahakalsthan CF			Mahalaxmi CF		
		Mean±SE	SD	Range	Mean±SE	SD	Range	Mean±SE	SD	Range
0-10	Carbon	218.18±20.42	95.8	100-400	190±34.72	155.26	100-700	214.29±26.08	119.52	100-600
10.1-20	Carbon	421.43±38.18	247.46	100-900	443.59±34.42	214.96	100-1000	342.5±40.81	258.09	100-1100
20.1-30	Carbon	323.81±31.38	203.4	100-1000	402.33±28.53	187.07	100-800	358.54±26.36	168.78	100-900
40.1-50	Carbon	24±2.89	11.21	20-60	40±6.41	23.09	20-80	30.37±3.6	18.7	20-100
> 50	Carbon	27.5±5.26	14.88	20-60	31.67±3.86	13.37	20-60	30.83±3.4	16.66	20-80

#fig10to12en.jpg
 #Fig10to12pt.JPG

ANÁLISE DE ERROS ENTRE ÍNDICES E ESTOQUE DE CARBONO:

A equidade da estaca de carbono e os diferentes índices de vegetação foram avaliados por meio de RMSE, RMSE%, RSR, Bias e Bias%. De fato, valores mais baixos de RMSE, RMSE%, RSR, Bias e Bias % indicaram alto desperenho da equação. Por exemplo, o baixo valor de RMSE foi de 1,36, o que indica que a equação desenvolvida mostrando a relação entre estoque de carbono e NDVI em Mahakalsthan CF poderia ter um desempenho bom o suficiente para avaliar o estoque de carbono. Resultado semelhante foi encontrado na

FC de Gumalchowki, com uma porcentagem de viés de apenas 0,07% e vice-versa na FC de Mahalaxmi com RSR de apenas 0,29 (Tabela 4).

Community forests	Description	Gumalchowki CF			Mahakalsthan CF			Mahalaxmi CF		
		Mean±SE	SD	Range	Mean±SE	SD	Range	Mean±SE	SD	Range
0-10	Carbon	218.18±20.42	95.8	100-400	190±34.72	155.26	100-700	214.29±26.08	119.52	100-600
10.1-20	Carbon	421.43±38.18	247.46	100-900	443.59±34.42	214.96	100-1000	342.5±40.81	258.09	100-1100
20.1-30	Carbon	323.81±31.38	203.4	100-1000	402.33±28.53	187.07	100-800	358.54±26.36	168.78	100-900
40.1-50	Carbon	24±2.89	11.21	20-60	40±6.41	23.09	20-80	30.37±3.6	18.7	20-100
> 50	Carbon	27.5±5.26	14.88	20-60	31.67±3.86	13.37	20-60	30.83±3.4	16.66	20-80

#tab4en.jpg

Tabela 4 - Erros nos valores previstos e observados de dois índices de vegetação nas florestas comunitárias

CAUSAS DO DESMATAMENTO E DA DEGRADAÇÃO FLORESTAL EM FLORESTAS COMUNITÁRIAS

Os fatores que afetam o estoque de carbono na floresta comunitária foram feitos por meio da análise de componentes principais (ACP). Aqui, deslizamentos, expansão da linha de transmissão e erosão da única terra foram altamente correlacionados, causando desmatamento, mas os danos à floresta foram altamente correlacionados entre si, causando degradação em Gumalchowki CF.

DISCUSSÃO

A maior quantidade de estoque de carbono foi Mahalaxmi CF com 30,42 tons/ha, seguida por Mahakalsthan CF com 22,62 tons/ha. Da mesma forma, Gumalchowki CF tem uma quantidade de carbono comparativamente menor, de 21,55 toneladas/ha. Mahalaxmi CF tem árvores de diâmetro comparativamente maior, conteúdo úmido e serapilheira do que em Mahakalsthan e Gumalchowki CF. A quantidade de estoque de carbono varia de acordo com a estação, tipo de vegetação, localização geográfica e técnica de manejo utilizada (KC, 2019). Foi registrado que quanto maior a classe diamétrica, maior será a quantidade de estoque de carbono. Além disso, os táxons de fixação de carbono variam com a paisagem florestal, espécies e local (Grierson et al., 1992).

A participação de carbono foi maior em *Pinus wallichiana* em Gumalchowki e Mahalaxmi CF, enquanto foi maior em *Pinus roxburghii* em Mahakalsthan CF. Comparativamente, *Rhododendron arboretum* tem uma quantidade menor em todas as FCs. Todas as florestas comunitárias estão voltadas para o norte, pois o estoque de carbono por *Pinus* spp foi maior. Uma pesquisa realizada em duas CFs de Myagdi e uma CF do distrito de Sindhupalchowk mostrou que o stub de carbono na parte superior e inferior do distrito era maior apenas no aspecto norte, enquanto era menor no aspecto oeste no caso de *Pinus roxburghii* (Mandal et al., 2017). O estudo da planta florestal no vale de Katmandu também mostrou que a floresta de pinheiros tem o maior estoque de biomassa e carbono, a razão para a confiança pode ser grande em diâmetro (Sharma et al., 2020). -1) no povoamento jovem para 147±56.7 (árvores ha-1) no povoamento supermadura. O estande jovem teve uma densidade de caules estatisticamente maior, enquanto a planta supermadura teve uma densidade de caules menor. A área basal dos povoamentos jovens, maduros e supermaduros foi de 15,51±1,6 (m² ha⁻¹), 35,57±18,0 (m² ha⁻¹) e 45,91±15,1 (m² ha⁻¹), respectivamente (Amir et al. 1). O resultado desta pesquisa é diferente de dois artigos publicados por autores diferentes, a razão confiável e a geografia diversa e a condição da floresta.

O estudo mostra uma relação significativa dos dados de carbono e diferentes índices (DVI, IPVI, NDVI). O resultado desta pesquisa foi semelhante ao de Shrestha et al., (2013). Eles encontrarão o valor do estoque de carbono de 91,04tC/ha em Simsungure CF, 87,42tC/ha Mahankal CF, 36,41tC/ha Mathani CF, 411,32tC/ha Sitakunda CF, 21,83tC/ha Barkhe e CF, 56,6tC/ha Chyansi CF. Suas descobertas revelam que havia fortes correlações entre o estoque de carbono e o valor de refletância dos dados de sensoriamento remoto. Um resultado semelhante foi mostrado no estudo de Savannakhet, Laos PDR entre AGB e Landsat (Vicharnakorn et al., 2014).

Existem diferentes métodos para validar os dados, entre eles desde as parcelas de resíduos até a equação que representam diferentes índices e o estoque de carbono mostrou mais preciso, ainda mais, os valores de RMSE, RMSE%, RSR, viés e viés percentual foram menores. Vários autores conduzem e apoiam esse conceito de validação dos dados. Mandal et al., (2020); Volkanovski et al., (2009) e vários autores realizaram esse método para a validação dos dados.

Vários fatores estão afetando o carbono na floresta comunitária. Extração excessiva de madeira, aumento de ervas nocivas, pastejo excessivo e descontrolado, doenças e pragas, pigtail foram as principais causas do estoque de baixo carbono. Essa descoberta foi compatível com os estudos de Megevand e Mosnier, (2013), Mfon et al., (2014), Kumar, R., & Saikia (2020). A razão pode ser ter tipos semelhantes de complexidade social e econômica nos locais de estudo.

CONCLUSÃO

A floresta comunitária aumenta a biomassa e o carbono. O monitoramento das emissões de carbono pode ser uma técnica rápida e econômica para estimar as emissões de dióxido de carbono e, ao mesmo tempo, contribuir para a biodiversidade florestal. Mahalaxmi CF tem o maior rapier de carbono, seguido por Mahakalsthan CF com Gumalchowki CF. Eles foram registrados para aumentar a quantidade de carbono em todas as florestas. Através de diferentes cálculos, indica claramente que a consistência não será observada nessas florestas em um futuro próximo, pois não há uniformidade do estoque de carbono das cascas de muda, muda e vara na regeneração.

A análise encontrou uma conexão positiva significativa entre as apostas de carbono e três índices diferentes (ou seja, DVI, IPVI, NDVI). Ao expressar diferentes índices e estacas de carbono com mais exatos, de acordo com as parcelas residuais de todas as florestas comunitárias e o menor valor de RSR, RMSE, RMSE, viés, o viés % mostra alta precisão.

Incêndio, deslizamento de terra, erosão do terreno, postes de transmissão, recreação, rabo de vara, rabo-de-porco, doenças, ervas nocivas, invasão das principais causas que afetam negativamente a quantidade de carbono da floresta na comunidade.

Este estudo será útil para estabelecer os dados de linha de base sobre o estoque de carbono de Katmandu. Pesquisas semi-baseadas em diferentes tipos de florestas, zonas climáticas, tipos de solo, altitude e aparência devem ser feitas para monitorar o estoque de carbono e as descobertas florestais.

Amir, M., Liu, X., Ahmad, A., Saeed, S., Mannan, A., & Muneer, M.A. (2018). Padrões de biomassa e extração de carbono durante o longo período da floresta de pinheiro Chir (*Pinus roxburghii*) no Paquistão: estimativa baseada em inventário. *Avanços em Meteorologia*, 2018, 1–8. <https://doi.org/10.1155/2018/3095891>

Amir, M., Liu, X., Ahmad, A., Saeed, S., Mannan, A., & Muneer, M.A. (2018). Padrões de biomassa e extração de carbono durante o longo período da floresta de pinheiro Chir (*Pinus roxburghii*) no Paquistão: estimativa baseada em inventário. *Avanços em Meteorologia*, 2018, 1–8. <https://doi.org/10.1155/2018/3095891>

Asner, GP, Powell, GVN, Mascaro, J., Knapp, DE, Clark, JK, Jacobson, J., Kennedy-Bowdoin, T., Balaji, A., Paez-Acosta, G., Victoria, E., Secada, L., Valqui, M., & Hughes, RF (2010). Rapiers e emissões florais de carbono de alta resolução na Amazônia. *Anais da Academia Nacional de Ciências*, 107(38), 16738–16742. <https://doi.org/10.1073/pnas.1004875107>

Bhandari, M. (2012). Centro Internacional para o Desenvolvimento Integrado da Montanha. Em G. Ritzer (Ed.), *A Enciclopédia Wiley-Blackwell da Globalização* (p. wbeog308). John Wiley & Filhos, Ltda. <https://doi.org/10.1002/9780470670590.wbeog308>

Boyd, DS, Foody, GM, & Curran, PJ (Centro de E. e ESR (1999). A relação entre a biomassa das florestas tropicais dos Camarões e a radiação refletida na compressão média das ondas infravermelho (3,0-5,0 microm). *International Journal of Remote Sensing* (Reino Unido) <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=GB1999005197>

Cao, J., Wang, X., Tian, Y., Wen, Z., & Zha, T. (2012). Padrão de alocação de carbono em três diferentes estágios de desenvolvimento de uma floresta de pinheiros chineses (*Pinus tabulaeformis*). *Pesquisa Ecológica*, 27(5), 883–892. <https://doi.org/10.1007/s11284-012-0965-1>

Chave, J., Andalo, C., Brown, S., Cairns, M.A., Chambers, J.Q., Eamus, D., Fölster, H., Fromard, F., Higuchi, N., Kira, T., Lescure, J.-P., Nelson, B.W., Ogawa, H., Puig, H., Riéra, B., & Yamakura, T. (2005). Allometria de árvores e estimativa aprimorada de estoques e balanço de carbono em florestas tropicais. *Ecologia*, 145(1), 87–99. <https://doi.org/10.1007/s00442-005-0100-x>

Cui, L., Jiao, Z., Dong, Y., Sol, M., Zhang, X., Yin, S., ... & Xie, R. (2019). Estimando a altura do dossel da floresta usando dados MODIS BRDF enfatiza refletâncias de ângulo típico. *Sensoriamento Remoto*, 11(19), 2239.

Foody, GM, Boyd, DS, & Cutler, MEJ (2003). Relações preditivas de biomassa de floresta tropical a partir de dados Landsat TM e sua transferibilidade entre regiões. *Sensoriamento remoto do ambiente*, 85(4), 463–474. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(03\)00039-7](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(03)00039-7)

Grierson, P., Adams, M., & Attiwill, P. (1992). Estimativas de Armazenamento de Carbono na Biomassa Aérea das Florestas de Victorias. *Revista Australiana de Botânica*, 40(5), 631. <https://doi.org/10.1071/BT9920631>

Gunawardena, A., Iftekhar, S., & Fogarty, J. (2020). Quantificando benefícios intangíveis de sistemas e práticas urbanas sensíveis à água: uma visão geral de estudos de avaliação não mercantis. *Australasian Revista de Recursos Hídricos*, 24(1), 46-59.

Caça, C. A. G. (2009). *Sumidouros de carbono e mudanças climáticas: florestas na luta contra o aquecimento global*. Editora Edward Elgar.

Ingram, J. C., Dawson, T. P., & Whittaker, R. J. (2005). Mapeamento da estrutura de florestas tropicais no sudeste de Madagascar usando sensoriamento remoto e redes neurais artificiais. *Sensoriamento Remoto do Ambiente*, 94(4), 491–507. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2004.12.001>

- IPCC. (2006). Florestas. In: IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories .eds Eggleston HS., Buendia L., Miwa K., Ngara T. e Tanabe K), pp. 4.1–4.83. IPCC, Japão.
- Jordan, C. F. (1969). Derivação do Índice de Área Foliar a partir da Qualidade da Luz no Solo Florestal. *Ecologia*, 50(4), 663–666. <https://doi.org/10.2307/1936256>
- K. C., A. (2019). A Floresta como Sumidouro de Carbono no Contexto Global e Nepalês. In M. K. Jhariya, A. Banerjee, R. S. Meena, & D. K. Yadav (Orgs.), *Agricultura Sustentável, Floresta e Meio Ambiente Administração* (pp. 223-249). Springer Cingapura. https://doi.org/10.1007/978-981-13-6830-1_7
- Karnell, M. P., Melton, S. D., Childes, J. M., Coleman, T. C., Dailey, S. A., & Hoffman, H. T. (2007). Confiabilidade da documentação baseada em clínicos (GRBAS e CAPE-V) e em pacientes (V-RQOL e IPVI) de Distúrbios da Voz. *Jornal da Voz*, 21(5), 576–590. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2006.05.001>
- Kumar, R., & Saikia, P. (2020). Recursos florestais de Jharkhand, Índia Oriental: perspectivas socioeconômicas e bioecológicas. In *Dimensões Socioeconômicas e Ecobiológicas no Uso de Recursos e Conservação* (pp. 61-101). Springer, Cham.
- Lillesand, T., Kiefer, R. W., & Chipman, J. (2015). *Sensoriamento Remoto e Interpretação de Imagens*. John Wiley e Filhos.
- Lu, D., Mausel, P., Brondizio, E., & Moran, E. (2004). Relações entre parâmetros de povoamentos florestais e respostas espectrais de Landsat TM na Bacia Amazônica brasileira. *Ecologia Florestal e Administração*, 198(1–3), 149–167.
- Mandal, R. A., Jha, P. K., Dutta, I. C., Thapa, U., & Karmacharya, S. B. (2016). Sequestro de Carbono em Espécies Vegetais Tropicais e Subtropicais em Florestas Colaborativas e Comunitárias do Nepal. *Avanços em Ecologia*, 2016, pp. 1–7. <https://doi.org/10.1155/2016/1529703>
- Mandal, R. A., Khadka, G. B., Shrestha, M., Sah, P., & Lamichhane, A. (2020). Modelagem do diâmetro à altura do peito (DAP) com altura e volume de *Shorea robusta* utilizando método destrutivo: Um estudo do distrito de Banke, Nepal. 15.
- Mandal, R., Aryal, K., & Gupta, J. (2017). Efeitos de aspectos montanhosos sobre o estoque de carbono de plantações de *Pinus roxburghii* em florestas comunitárias de Kaleri, Salyan Salleri e Barahpacho. *Jornal do Clima Pesquisa de Mudanças*, 3, 816–824.
- Maynard, C. L., Lawrence, R. L., Nielsen, G. A., & Decker, G. (2007). Modelagem da quantidade de vegetação utilizando regressão em banda e descrições ecológicas de sítios como alternativa aos índices de vegetação. *GIScience & Sensoriamento Remoto*, 44(1), 68–81.
- McGroddy, M. E., Daufresne, T., & Hedin, L. O. (2004). ESCALONAMENTO DA ESTEQUIOMETRIA C:N:P EM FLORESTAS EM TODO O MUNDO: IMPLICAÇÕES DAS RAZÕES DO TIPO REDFIELD TERRESTRE. *Ecologia*, 85(9), 2390–2401. <https://doi.org/10.1890/03-0351>
- Megevand, C., & Mosnier, A. (2013). Tendências de desmatamento na Bacia do Congo: conciliando crescimento econômico e proteção florestal. *Publicações do Banco Mundial*.
- Mfon, P., Akintoye, O. A., Mfon, G., Olorundami, T., Ukata, S. U., & Akintoye, T. A. (2014). Desafios do desmatamento na Nigéria e os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio. *Revista Internacional de Meio Ambiente e Bioenergia*, 9(2), 76-94.
- Näsi, R., Honkavaara, E., Lyytikäinen-Saarenmaa, P., Blomqvist, M., Litkey, P., Hakala, T., & Holopainen, M. (2015). Usando fotogrametria baseada em VANT e imagens hiperespectrais para mapeamento danos ao besouro da casca ao nível das árvores. *Sensoriamento Remoto*, 7(11), 15467-15493.
- Palmer, C. (2011). Direitos de propriedade e responsabilidade por desmatamento sob REDD+: Implicações para a permanência' no desenho de políticas. *Economia ecológica*, 70(4), 571-576.

- Ravindranath, N. H., & Ostwald, M. (Orgs.). (2008). Métodos para Estimativa de Biomassa Acima do Solo. In *Carbon Inventory Methods Handbook for Greenhouse Gas Inventory, Carbon Mitigation e Roundwood Projetos de Produção* (pp. 113-147). Springer Holanda. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6547-7_10
- Schlerf, M., Atzberger, C., & Hill, J. (2005). Sensoriamento remoto de variáveis biofísicas florestais usando dados do espectrômetro de imagem HyMap. *Sensoriamento Remoto do Meio Ambiente*, 95(2), 177–194.
- Sharma, I., & Kakchapati, S. (2018). Modelo de Regressão Linear para Identificar os Fatores Associados ao Estoque de Carbono na Floresta Chure do Nepal. *Científica*, 2018, pp. 1–8. <https://doi.org/10.1155/2018/1383482>
- Sharma, K. P., Bhatta, S. P., Khatri, G. B., Pajiyar, A., & Joshi, D. K. (2020). Estimativa do estoque de carbono no pinheiro-bravo (*Pinus roxburghii* Sarg.) Floresta de Plantação do Vale de Kathmandu, Central Nepal. *Revista de Ciências Florestais e Ambientais*, 36(1), 37–46. <https://doi.org/10.7747/JFES.2020.36.1.37>
- Shrestha, S., Karky, B. S., Gurung, A., Bista, R., & Vetaas, O. R. (2013). Avaliação do balanço de carbono em florestas comunitárias em Dolakha, Nepal. *Silvicultura em Pequena Escala*, 12(4), 507–517. <https://doi.org/10.1007/s11842-012-9226-y>
- Smith, B., Knorr, W., Widlowski, J. L., Pinty, B., & Gobron, N. (2008). Combinando dados de sensoriamento remoto com modelagem de processos para monitorar balanços de carbono boreais da floresta de coníferas. *Ecologia florestal e Administração*, 255(12), 3985-3994.
- Soenen, S. A., Peddle, D. R., Hall, R. J., Coburn, C. A., & Hall, F. G. (2010). Estimativa da biomassa florestal acima do solo a partir da inversão do modelo de reflectância do dossel em terrenos montanhosos. *Sensoriamento Remoto de Meio Ambiente*, 114(7), 1325-1337.
- Steininger, M. K. (2000). Estimativa por satélite da biomassa de floresta tropical secundária acima do solo: dados do Brasil e Bolívia. *Jornal Internacional de Sensoriamento Remoto*, 21(6–7), 1139–1157.
- Tucker, C. J. (1979). Combinações lineares em vermelho e infravermelho fotográfico para monitoramento da vegetação. *Sensoriamento Remoto do Meio Ambiente*, 8(2), 127–150. [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(79\)90013-0](https://doi.org/10.1016/0034-4257(79)90013-0)
- Vicharnakorn, P., Shrestha, R., Nagai, M., Salam, A., & Kiratiprayoon, S. (2014). Avaliação de estoque de carbono usando dados de sensoriamento remoto e inventário florestal em Savannakhet, Laos PDR. *Sensoriamento Remoto*, 6(6), 5452–5479. <https://doi.org/10.3390/rs6065452>
- Volkanovski, A., Čepin, M., & Mavko, B. (2009). Aplicação da análise de árvore de faltas para avaliação da confiabilidade de sistemas elétricos. *Engenharia de Confiabilidade e Segurança do Sistema*, 94(6), 1116–1127. <https://doi.org/10.1016/j.res.2009.01.004>
- Zheng, D., Rademacher, J., Chen, J., Corvo, T., Bresee, M., Le Moine, J., & Ryu, S.-R. (2004). Estimando a biomassa acima do solo usando dados ETM+ do Landsat 7 em uma paisagem gerenciada no norte Wisconsin, EUA. *Sensoriamento Remoto do Meio Ambiente*, 93(3), 402–411.
- Zhong, X., Li, J., Li, X., Ye, Y., Liu, S., Hallett, P. D., Ogden, M. R., & Naveed, M. (2017). Proteção física por agregados estabiliza carbono orgânico do solo sob deposição simulada de N em uma floresta subtropical da China. *Geoderma*, 285, 323–332. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2016.09.026>
- Zianis, D., Muukkonen, P., Mäkipää, R., & Mencuccini, M. (2005). Equações de biomassa e volume do caule para espécies de árvores na Europa. FI.