DECLARAÇÕES CAPACIDADE TÉCNICA - PROFESSORES

1- ROGÉRIO LAUS;

2- MARI LÚCIA CAMPOS E PAULO CEZAR CASSOL;

3- CLOVIS ARRUDA DE SOUZA;

4- CILEIDE MARIA MEDEIROS COELHO;

5- ÉVERTON SKORONSKI;

6- PAULO ROBERTO ERNANI;

7- GUSTAVO BRUNETTO;

8- JAIME ANTONIO DE ALMEIDA

9- MARI LÚCIA CAMPOS

10- DECLARAÇÃO FAPESC, RELATÓRIOS PARCIAIS, PLANO DE TRABALHO (PT) REFERENTE À PRORROGAÇÃO DA BOLSA E PRIMEIRA VERSÃO DO ARTIGO REFERENTE AO PT

UDESC
UNIVERSIDADE
DO ESTADO DE
SANTA CATARINA

LAGES · CAV
CENTRO DE CIÊNCIAS
AGROVETERINÁRIAS

DECLARAÇÃO DE CAPACIDADE TÉCNICA

Como coordenador do laboratório denominado de Sala de Equipamentos do Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina (CAV/UDESC) durante o período de 17/08/2015 a 13/04/2025, eu, Professor Doutor Rogério Laus, matrícula 667209-4-01, declaro, para os devidos fins, que o Dr. Gabriel Octávio de Mello Cunha possui comprovada experiência na operação e utilização dos seguintes equipamentos analíticos instalados e utilizados no laboratório supracitado:

1) Espectrômetro de absorção atômica em chama (FAAS);
2) Espectrômetro de emissão atômica em chama (fotômetro de chama);
3) Espectrômetro de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado (ICP-OES);
4) Forno micro-ondas.

Durante sua trajetória acadêmica e profissional junto ao CAV/UDESC, o referido candidato demonstrou pleno domínio técnico e operacional sobre os referidos aparelhos, aplicando-os em diversas análises químicas, tanto no âmbito da pesquisa (mestrado, doutorado e pós-doutorado) quanto, atualmente, na sua atuação no laboratório de Análise de Solos e Calcário (Rotina) lotado no Departamento de Solos e Recursos Naturais do CAV/UDESC. As análises envolveram a determinação de macro e micronutrientes em diferentes matrizes, com rigor técnico e metodológico compatível com as exigências de projetos de pesquisa financiados por diferentes agências de fomento.

O candidato utilizou a Sala de Equipamentos para quantificar macronutrientes (cálcio e magnésio) e micronutrientes (cobre, ferro, manganês e zinco) por FAAS, quantificou sódio e potássio no fotômetro de chama, além disso, utilizou o ICP-OES para as análises de solução de solos provenientes de experimentos em casa de vegetação com as culturas de soja e milho durante a vigência do seu doutorado.

Ademais, saliento que o candidato utilizou também da Sala de Equipamentos o forno micro-ondas para digestão de amostras de tecido vegetal (raiz, caule e folhas) proveniente das culturas supracitadas para a determinação dos teores de alumínio, cálcio, magnésio, fósforo e potássio por ICP-OES. Os resultados dessas análises podem ser consultados na tese de doutorado (https://www.udesc.br/arquivos/cav/id_cpmenu/1477/Tese_Gabriel_Oct_vio_de_Mello_Cunha_15694156780568_1477.pdf) e em alguns artigos, que podem ser visualizados no currículo Lattes (http://lattes.cnpq.br/2463792790066746) do candidato.

Rogério Laus

DATA: 26/06/202

Adicionalmente, ressalto que o Dr. Gabriel sempre desempenhou suas funções com zelo, responsabilidade e elevado conhecimento técnico, contribuindo significativamente para a excelência das atividades desenvolvidas na Sala de Equipamentos do CAV/UDESC e nos seus estudos científicos.

Declaro, por fim, que esta declaração é emitida para fins de comprovação de experiência técnica, conforme exigência do edital FAPESC nº 35/2025 (Vaga 27).

Rogério Laus

Prof. Dr. Rogério Laus
Departamento de Solos e Recursos Naturais
Centro de Ciências Agroveterinárias
Universidade do Estado de Santa Catarina

DATA: 26/06/2025

ATESTADO

Atestamos para fins de comprovação que, a partir de 01/08/2023 até a presente data, **Gabriel Octávio de Mello Cunha**, RG nº 5939307 – SSP/SC**,** CPF nº 001.366.931-13**,** Engenheiro Agrônomo, doutor em Ciência do Solo, realizou atividades como Bolsista de Desenvolvimento Científico Regional – SET-E (pesquisador mestre - Edital de Chamada Pública FAPESC Nº 03/2023), no **Laboratório de Análise do Solo (Rotina) do Centro de Ciências Agroveterinárias - CAV/UDESC**. As atividades foram cumpridas com carga horária de 30 h (trinta horas) semanais e compreenderam: preparo de soluções de reagentes químicos e padrões de calibração, realização de análises químicas do solo, com a determinação dos valores do pH em água e solução tamponada (SMP) e dos teores de argila, matéria orgânica, fósforo, potássio, alumínio, cálcio, magnésio, manganês, cobre, ferro, manganês e zinco; análises de calcários, com determinação da eficiência relativa (ER), poder de neutralização (PN), umidade e PRNT; emissão de laudos técnicos que embasam a prática de adubação e calagem em cultivos agrícolas e as conclusões de projetos de pesquisa em sistemas agrossilvipastoris e recuperação de áreas degradas; controle de qualidade das análises realizadas; suporte na gestão de convênios com municípios, com a Fundação de apoio e com a UDESC; suporte na gestão administrativa do Laboratório, como na coordenação da equipe, seleção de estagiários, compras de consumíveis e na operação e manutenção de equipamentos.

Registra-se que o bolsista sempre exerceu suas atividades com profissionalismo e elevados comprometimento, responsabilidade, assiduidade, pontualidade e respeito, contribuindo sobremaneira para o bom funcionamento do Laboratório e para a qualidade dos resultados gerados.

É o que nos cumpre atestar

Lages, 20 de junho de 2025

MARI LÚCIA CAMPOS
Profa. UDESC/CAV, matrícula: 3310884-03
Supervisora / Coordenadora do Laboratório no período março de 2023 a janeiro de 2024.

PAULO CEZAR CASSOL
Prof. Matrícula Nº 237878-7-01
Supervisor / Coordenador do Laboratório a partir de fevereiro de 2024.

Pág. 01 de 01 - Documento assinado digitalmente. Para conferência, acesse o site https://portal.sgpe.sea.sc.gov.br/portal-externo e informe o processo UDESC 00022133/2025 e o código NFY20R72.

Assinaturas do documento

Código para verificação: **NFY20R72**

Este documento foi assinado digitalmente pelos seguintes signatários nas datas indicadas:

PAULO CEZAR CASSOL (CPF: 250.XXX.260-XX) em 19/06/2025 às 17:28:30
Emitido por: "SGP-e", emitido em 30/03/2018 - 12:39:49 e válido até 30/03/2118 - 12:39:49.
(Assinatura do sistema)

MARI LUCIA CAMPOS (CPF: 933.XXX.699-XX) em 26/06/2025 às 17:04:30
Emitido por: "SGP-e", emitido em 30/03/2018 - 12:39:07 e válido até 30/03/2118 - 12:39:07.
(Assinatura do sistema)

Para verificar a autenticidade desta cópia, acesse o link https://portal.sgpe.sea.sc.gov.br/portal-externo/conferencia-documento/VURFU0NfMTIwMjJfMDAwMjIxMzNfMjIxNDBfMjAyNV9ORlkyMFI3Mg== ou o site https://portal.sgpe.sea.sc.gov.br/portal-externo e informe o processo **UDESC 00022133/2025** e o código **NFY20R72** ou aponte a câmera para o QR Code presente nesta página para realizar a conferência.

Lages (SC), 16 de junho de 2025.

DECLARAÇÃO DE CAPACIDADE TÉCNICA

Declaro, para os devidos fins que, ao longo do desenvolvimento de pesquisas voltadas ao estudo da acidez e da toxidez por alumínio em solos brasileiros, o Dr. Gabriel Octávio de Mello Cunha demonstrou domínio técnico e operacional na execução de análises químicas de solos, fundamentais para a condução dos experimentos realizados com as culturas da soja e do milho, em condições controladas (casa de vegetação).

Nos estudos desenvolvidos, com minha coautoria, especialmente aqueles que resultaram em dois artigos científicos, sendo o primeiro publicado na Revista Brasileira de Ciências Agrárias (v.14, n.3, e6529, 2019), intitulado Production of soybean and maize plants cultivated in acid soils with high contents of exchangeable aluminum (e o segundo publicado no periódico Journal of Agricultural Science (v.11, n.16, p.107–117, 2019). Os artigos podem ser acessados nos links abaixo:

1- http://www.agraria.pro.br/ojs32/index.php/RBCA/article/view/v14i3a6529/194

2- https://www.ccsenet.org/journal/index.php/jas/article/view/0/40670

Nos referidos estudos, o candidato foi diretamente responsável pelas análises químicas de solos essenciais para a interpretação dos efeitos da calagem em reduzir os efeitos deletérios do alumínio na produtividade das plantas de soja e de milho, bem como a dinâmica dos nutrientes, levando-se em consideração a interação solo-planta. Nesse sentido, destacam-se as seguintes atividades laboratoriais executadas nesse processo, a saber:

1) No solo:

UDESC-CAV
Departamento de Agronomia
Área: Plantas de Lavoura
Prof. Clovis Arruda de Souza
Matrícula 370.365-7 CREA/SC 40.457-6

- Determinação do pH em água e em cloreto de cálcio 0,01 mol L^{-1}, na relação solo:água de 1:2,5 e KCl 1 mol L^{-1} na relação 1: 10, utilizando pHmetro;

- Extração do Al^{3+} trocável com solução de KCl 1 mol L^{-1}, seguida de titulação com NaOH 0,02 mol L^{-1}, com utilização de bureta automática;

- Extração do H+Al com acetato de cálcio tamponado a pH 7 (0,5 mol L^{-1}) e titulação com NaOH 0,02 mol L^{-1}, para a determinação da acidez potencial dos solos. Essas análises foram realizadas com bureta automática;

- Determinação de Ca^{2+} e Mg^{2+} trocáveis com leitura por espectrometria de absorção atômica (EAA) – Analyst 200 - nos extratos de solos;

- Quantificação de fósforo disponível, extraído por Mehlich-1, analisado por colorimetria (espectrofotômetro de absorção molecular, Shimadzu 1800 UV-VIS);

- Determinação de K com a utilização de um fotômetro de chama;

- Cálculo da capacidade de troca catiônica (CTC), saturação por bases (V%) e saturação por alumínio (m%), com base nos dados obtidos após as análises químicas acima citadas.

2) Nas diferentes partes das plantas, foram determinadas (os):

- as matérias secas da parte aérea (folhas e caules) e das raízes, por pesagem em balança analítica;

- os teores de cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), fósforo (P), potássio (K), alumínio (Al^{3+}) (digestão nítrica) e de nitrogênio (N) (digestão sulfúrica) nas diferentes partes das plantas;

2.1) Aparelhos utilizados para a obtenção dos extratos antes quantificação dos elementos químicos presentes tanto na parte aérea como nas raízes:

- Para a digestão das amostras (ácido nítrico + peróxido de hidrogênio) para extração dos cinco primeiros elementos químicos: forno micro-ondas - Multiwave 3000 microwave oven (Anton Paar, Graz, Austria). Para o último, bloco digestor;

UDESC-CAV
Departamento de Agronomia
Área: Plantas de Lavoura
Prof. Clovis Arruda de Souza
Matrícula 370.365-7 CREA/SC 40.457-6

2.2) Aparelhos para a quantificação dos elementos químicos;

- Para a determinação de Ca^{2+}, Mg^{2+}, P, K e Al^{3+} - utilizou-se o ICP-OES) (Optima® 8300, Perkin Elmer, USA);

- Para o último utilizou-se o obtido após destilação a vapor no aparelho Kjeldahl. A determinação foi realizada por titulação, utilizando a solução de ácido sulfúrico 0,025 mol L^{-1}. Aparelho utilizado: bureta automática.

2.3) Com esses resultados, foram calculadas as eficiências de absorção, translocação e acúmulo dos nutrientes nas raízes, nos caules e nas folhas.

O candidato também participou de toda organização das amostras (80 amostras para a determinação de cada elemento químico tanto no solo como nas plantas), bem como no preparo das soluções e utilização dos equipamentos supramencionados. Tais análises foram determinantes tanto para a avaliação da produtividade das plantas em função dos atributos químicos do solo e do efeito da calagem sobre a toxidez por alumínio quanto para os cálculos das eficiências de absorção, translocação e acúmulos dos elementos químicos anteriormente citados nos diferentes tecidos das plantas em relação às doses de calcário aplicadas nos solos em que as plantas foram submetidas.

Com base no desempenho apresentado e nas competências técnicas demonstradas, certifico que o Dr. Gabriel Octávio de Mello Cunha está plenamente qualificado para atuar em rotinas laboratoriais voltadas à caracterização química de solos agrícolas, especialmente em contextos que envolvam acidez, calagem, nutrição de plantas e interação solo-planta.

UDESC-CAV
Departamento de Agronomia
Área: Plantas de Lavoura
Prof. Clovis Arruda de Souza
Matrícula 370.365-7 CREA/SC 40.457-6

Prof. Dr. Clovis Arruda de Souza

UDESC – Universidade do Estado de Santa Catarina – CAV

Centro de Ciências Agroveterinárias

Departamento De Agronmia

UDESC UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA | LAGES · CAV CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS

DECLARAÇÃO DE CAPACIDADE TÉCNICA

Declaro para os devidos fins que Dr. Gabriel Octávio de Mello Cunha atuou na realização de atividades laboratoriais (análises químicas de solos e de sementes de soja), realizadas no escopo do projeto de pesquisa de PhD intitulado: "Ensaio da eficiência agronômica das rochas tefrito, siltito, olivina melilitito e a misturas das rochas olivina melilitito e siltito como remineralizadores de solos para uso na agricultura", que originou o artigo científico:

"Chemical composition of soybean seeds subjected to fertilization with rock dusts", publicado na revista Acta Scientiarum. Agronomy, v. 44, e53312, 2022 (DOI: 10.4025/actasciagron.v44i1.53312). Link: scielo.br/j/asagr/a/s3cqqywtKYzsc6qm3RvVYSM/?format=pdf

As atividades executadas vinculadas ao (LAS), sob minha supervisão, compreenderam procedimentos técnicos e metodológicos relacionados à determinação da composição química de sementes, incluindo:

- Preparo das amostras de sementes (trituração, peneiramento em malha de 1 mm e homogeneização);

- Execução de análises químicas de macronutrientes em sementes (Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^{+}, N total, P total), conforme protocolos clássicos (Tedesco et al., 1995; Murphy & Riley, 1962);

- Cálculo de proteína bruta, por meio da multiplicação do N total pelo fator 6,25 (AOAC, 1995);

- Determinação de fósforo inorgânico (Pi) por colorimetria adaptada (Raboy & Dickinson, 1984; Chen & Charalampous, 1966);

- Extração e quantificação de fitato, conforme metodologia modificada de Latta & Eskin (1980);

- Preparo de curvas de calibração espectrofotométrica para quantificação de fósforo em extratos de sementes;

- Montagem e interpretação das curvas analíticas, com leitura em espectrofotômetro UV-Vis (λ = 820 nm), incluindo controle de reagentes, padrões e diluições.

Tais atividades demandaram conhecimento técnico apurado, padronização metodológica rigorosa e habilidade no manuseio de equipamentos laboratoriais sensíveis, como blocos digestores, centrífugas, agitadores e espectrofotômetros.

Dessa forma, atesto que o Dr. Gabriel Octávio de Mello Cunha detém competência técnica para análise de componentes químicos em sementes supracitados acima.

gov.br
Documento assinado digitalmente
CILEIDE MARIA MEDEIROS COELHO ARRUDA DE
Data: 13/06/2025 19:03:04-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

_____

Profa. Dra. Cileide Maria Medeiros Coelho

Coordenadora do Laboratório de Análise de Sementes Oficial

UDESC – Universidade do Estado de Santa Catarina – CAV

Centro de Ciências Agroveterinárias

UDESC
UNIVERSIDADE
DO ESTADO DE
SANTA CATARINA

Centro de Ciências Agroveterinárias – CAV
Departamento de Engenharia Ambiental e Sanitária
Laboratório de Tratamento de Água e Resíduos - LABTRAT

Of. Nº 003/2025 Lages, 16 de junho de 2025.

À quem possa interessar,

Ao cumprimentá-lo, venho declarar, para os devidos fins, que o Dr. Gabriel Octávio de Mello Cunha atuou sob minha supervisão direta nas atividades laboratoriais relacionadas à análises físico-químicas de extrato obtido a partir de lixiviação de amostras de solo, conforme descritas e aplicadas no artigo científico DOI: 10.5039/agraria.v13i3a5542.Durante o desenvolvimento do referido estudo, o candidato foi instruído e após treinamento específico foi capaz de desempenhar atividades essenciais e tecnicamente qualificadas, com destaque para:

- Obtenção de extrato lixiviado de solo;
- Determinação dos cátions Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^{+} e Al^{3+} por ICP-OES (modelo Optima 8300, PerkinElmer);
- Determinação de ânions Cl^{-}, NO_3^{-}, SO_4^{2-} e PO_4^{3-} por diferentes metodologias:
- cloreto por titulação com nitrato de prata (método de Mohr);
- nitrato por espectrofotometria no UV (220 nm);
- sulfato por turbidimetria com $BaCl_2$, leitura a 420 nm;
- ortofosfato por colorimetria com molibdato de amônio e ácido ascórbico, leitura a 725 nm;
- Preparo e ajuste de curvas de calibração para espectrofotometria UV-Vis e turbidimetria;
- Avaliação e controle de qualidade com amostras padrão, duplicatas e brancos analíticos;
- Registros detalhados das leituras, cálculos de concentração e organização de planilhas.

Adicionalmente, declaro que as análises químicas convencionais dos solos utilizados nos experimentos foram realizadas no Laboratório de Gênese e Classificação de Solos da UDESC/CAV, sob a supervisão do Prof. Dr. Jaime Antonio de Almeida, com a participação direta do candidato a quem esta declaração é destinada, abrangendo:

- Determinação de pH em água e SMP;
- Acidez potencial (H+Al);
- Teores de P e K extraíveis por Mehlich-1
- Determinação dos teores de cálcio, magnésio e alumínio;
- Cálculo de CTC, V% e saturação por alumínio;
- Interpretação e tabulação dos dados para uso integrado com os resultados da solução do solo.

Essas análises foram realizadas, respectivamente, nos seguintes aparelhos: pHmetro, por espectrofotômetro de absorção molecular (método colorimétrico) e por fotômetro de chama.

É de meu conhecimento que o candidato vem exercendo atividades laboratoriais tanto durante a vigência dos seus estágios pós-doutorais realizados na UDESC/CAV, sob a supervisão do então professor doutor Jaime Antonio de Almeida, e ainda possui colaboração esporádica com o nosso departamento para análises físico-químicas em amostras com matriz aquosa.

Atesto, assim, para os devidos fins e a quem possa interessar, a plena capacidade técnica do referido candidato para conduzir análises químicas voltadas à caracterização de solução aquosa por métodos físico-químicos e das propriedades químicas de solos, podendo contribuir positivamente com o desenvolvimento de projetos de pesquisa científica e tecnológica. O candidato reúne competências alinhadas com as exigências da Vaga 27 da Chamada Pública FAPESC/UDESC nº 35/2025, estando apto a atuar com excelência nas atividades previstas.

Respeitosamente,

Prof. Dr. Everton Skoronski
Professor Associado – Tratamento de Água
Coordenador do LABTRAT
Departamento de Engenharia Ambiental e Sanitária
e-mail: everton.skoronski@udesc.br

UDESC
UNIVERSIDADE
DO ESTADO DE
SANTA CATARINA

LAGES · CAV
CENTRO DE CIÊNCIAS
AGROVETERINÁRIAS

DECLARAÇÃO DE CAPACIDADE TÉCNICA

Eu, Paulo Roberto Ernani, Professor Titular do Departamento de Solos e Recursos Naturais da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC/CAV), atuante no Laboratório de Fertilidade do Solo, declaro, para os devidos fins, que o Dr. Gabriel Octávio de Mello Cunha, desenvolveu significativa trajetória de pesquisa e produção científica voltada à área da ciência do solo, com ênfase nas temáticas de mineralogia, gênese, química e manejo de solos ácidos brasileiros, contribuindo substancialmente para o avanço do conhecimento técnico-científico, tanto em nível nacional quanto regional.

Desenvolveu com excelência uma série de atividades de pesquisa e rotinas laboratoriais diretamente relacionadas à análise química de solos e corretivos, demonstrando plena capacidade técnica para execução das atividades previstas no edital 35/2025 da FAPESC.

Durante seu mestrado, o candidato realizou estudos aprofundados sobre a relação entre a mineralogia da fração argila e as formas de alumínio em solos ácidos brasileiros, com enfoque em métodos de extração e quantificação do Al trocável. Esses estudos resultaram na dissertação de mestrado intitulada "Mineralogia e formas de alumínio em solos ácidos brasileiros" (UDESC, 2013), sob orientação do Prof. Dr. Jaime Antônio de Almeida. O referido estudo introduziu importantes reflexões sobre a inadequação do método tradicional com KCl 1 mol L^{-1} para estimativa precisa do alumínio trocável em determinados solos, demonstrando a complexidade das formas de Al e propondo abordagens mais precisas com base em múltiplos extratores e titulações potenciométricas.

No doutorado, desenvolveu a tese intitulada "Formas de alumínio em solos com altos teores trocáveis e toxidez na soja e no milho" (UDESC, 2017), consolidando sua atuação na interface entre gênese, mineralogia e química do solo.

Além dos trabalhos acadêmicos, o candidato também contribuiu com publicações científicas de relevância com minha participação como co-autor, a saber:

1- Cunha, G. O. de M., Almeida, J. A. de, Ernani, P. R., Pereira, É. R., Skoronski, É., Lourenço, L. S., & Brunetto, G. Chemical species and aluminum concentration in the solution of acid soils cultivated with soybean and corn under liming. *Revista Brasileira de Ciência do Solo, 42*, e0170406, 2018. https://doi.org/10.1590/18069657rbcs20170406

2- Cunha, G. O. de M., Almeida, J. A. de, Ernani, P. R., Pereira, É. R., & Brunetto, G. (2018). Composition, chemical speciation and activity of ions in the solution of Brazilian acid soils. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias, 13*(3), e5542. https://doi.org/10.5039/agraria.v13i3a5542

3- Cunha, G. O. de M., Almeida, J. A. de, Souza, C. A., & Ernani, P. R. Nutritional efficiency and nutrient accumulation of maize cultivated in soils with high Al-KCl content. *Journal of Agricultural Science, 11*(16), 107–116, 2019. https://doi.org/10.5539/jas.v11n16p107

4- Cunha, G. O. de M., Almeida, J. A. de, Ernani, P. R., Souza, C. A., Gatiboni, L. C., & Campos, M. L. Production of soybean and maize plants cultivated in acid soils with high contents of exchangeable aluminum. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias, 14*(3), e6529, 2019. https://doi.org/10.5039/agraria.v14i3a6529

Ademais, salienta-se que o referido candidato participou ativamente do delineamento experimental, preparo de amostras, condução de experimentos, análises laboratoriais e interpretação de dados, conforme evidenciado acima pela publicação de cinco artigos científicos em periódicos qualificados, todos voltados à avaliação de atributos químicos

do solo e comportamento de elementos, sobretudo o alumínio, em diferentes condições de acidez e calagem.

Durante esses estudos, o candidato executou atividades laboratoriais essenciais, como extração da solução do solo, determinação de cátions por ICP-OES e de ânions por diferentes métodos (titulação, espectrofotometria UV, turbidimetria e colorimetria), além de preparo de curvas de calibração, controle de qualidade analítico e organização de dados. Também participou diretamente das análises químicas convencionais dos solos no Laboratório de Gênese e Classificação de Solos da UDESC/CAV, incluindo pH, H+Al, P e K (Mehlich-1), Ca, Mg e Al (KCl 1 mol L^{-1}) com a utilização de espectrofotômetros de absorção atômica e molecular e fotômetro de chama, bem como cálculos de CTC, V% e saturação por alumínio, entre outros atributos químicos dos solos testados.

Embora as publicações listadas tenham sido realizadas antes de 2020, divergindo de certa forma a exigência do edital vigente, elas comprovam de maneira inequívoca a experiência técnico-científica do candidato na área de ciência do solo. Tal experiência não apenas permaneceu ativa, como foi continuamente reforçada por sua atuação em projetos de pós-doutorado desenvolvidos na UDESC/CAV e por sua participação recorrente nas atividades laboratoriais e de pesquisa do Laboratório de Análise do Solo, inclusive nos dois anos anteriores à publicação do Edital FAPESC nº 03/2023, no qual o candidato esteve envolvido em atividades vinculadas à análise de solos e corretivos.

Em vista do exposto, atesto que o Dr. Gabriel Octavio de Mello Cunha está tecnicamente preparado e apto a executar não somente as atividades de análise de solos e calcário previstas na vaga 27 do edital FAPESC/UDESC nº 35/2025, cumprindo os requisitos de capacidade técnica obrigatória exigidos como também de solução de solos e produtividade de plantas.

É o que me cabe atestar.

13/06/25

Prof. Dr. Paulo Roberto Ernani

Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias

Departamento de Solos e Recursos Naturais.

DECLARAÇÃO DE CAPACIDADE TÉCNICA

Eu, Gustavo Brunetto, professor da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), venho por meio desta declarar que o Dr. Gabriel Octávio de Mello Cunha possui experiência na área de química do solo, com ênfase em análises aplicadas à solução do solo e ao comportamento do alumínio em ambientes ácidos, conforme demonstrado em pesquisas científicas desenvolvidas em parceria comigo, especialmente nos artigos *"Composition, chemical speciation and activity of ions in the solution of Brazilian acid soils"*, publicado na *Revista Brasileira de Ciências Agrárias (2018) e Chemical species and aluminum concentration in the solution of acid soils cultivated with soybean and corn under liming* (2018) na Revista Brasileira de Ciência do Solo.

Nessas pesquisas, o candidato atuou diretamente na execução de análises químicas da solução do solo, incluindo:

- Extração da solução sob agitação controlada e filtração em membrana de 0,45 µm;
- Determinação de cátions (Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^{+}, Al^{3+}) por ICP-OES;
- Determinação de ânions (Cl^{-}, NO_3^{-}, SO_4^{2-}, PO_4^{3-}) por titulação, espectrofotometria, turbidimetria e colorimetria;
- Avaliação da atividade iônica e modelagem de especiação química (MINTEQ A2);
- Interpretação crítica dos resultados frente aos efeitos da calagem em solos altamente ácidos cultivados com milho e soja.

Além dessas, realizou análises para a caracterização química dos solos tais como cálcio, magnésio, alumínio com a solução de KCl 1 mol L^{-1}. Os dois primeiros foram quantificados por espectrofotômetro de absorção atômica e, o último, por titulação. O P e o K foram extraídos pela solução duplo ácida Melich-1 e quantificados, respectivamente, por colorimetria e por fotômetro de chama. Tem experiência, além das citadas anteriormente, no preparo de curvas de calibração e em todos os procedimentos laboratoriais que envolvem análises químicas de solos e de solução de solos.

Diante do exposto, atesto que o Dr. Gabriel Octávio de Mello Cunha reúne as condições técnicas, científicas e operacionais necessárias para atuar com excelência nas atividades previstas no documento a qual esta declaração se refere.

Prof. Dr. Gustavo Brunetto
Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)
E-mail: brunetto.gustavo@gmail.com

gov.br
Documento assinado digitalmente
GUSTAVO BRUNETTO
Data: 13/06/2025 08:52:49-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

UDESC UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA | LAGES · CAV CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS

DECLARAÇÃO DE CAPACIDADE TÉCNICA EM ATIVIDADES DE PESQUISA E LABORATÓRIO

Eu, Jaime Antonio de Almeida, Professor Doutor em Ciência do Solo, titular da UDESC-CAV, declaro, para os devidos fins, que o Dr. Gabriel Octávio de Mello Cunha, participou sob minha orientação e coordenação, de cinco (5) projetos de pesquisa, sendo um (1) de mestrado, um (1) de doutorado e três (3) pós-doutoral (2018 a 2021).

Os projetos conduzidos pelo candidato foram intitulados, seguindo a ordem anteriormente citada, de: 1) "Mineralogia e formas de alumínio em solos ácidos brasileiros"; 2) Formas de alumínio em solos com altos teores trocáveis e toxidez na soja e no milho; 3) "Ensaio de eficiência agronômica da rocha olivina melilitito como remineralizador de solos para uso na agricultura"; 4)"Ensaio da eficiência agronômica das rochas tefrito, siltito, olivina melilitito e a mistura das rochas olivina melilitito e siltito como remineralizadores de solos para uso na agricultura" e; 5) Avaliação da dinâmica de liberação de nutrientes pelos pós das rochas siltito, tefrito, olivina melilitito e siltito + olivina melilitito após diferentes tempos de incubação.

O projeto 1, concluído no ano de 2013, objetivou investigar as formas de alumínio (Al) presentes em solos ácidos de várias regiões brasileiras, com distintas mineralogias, buscando elucidar se todo o Al do extrato de KCl 1 mol L^{-1} correspondeu às formas trocáveis do elemento. Para isso, utilizou-se, além do KCl na concentração acima informada, as variações desse método (curvas de titulação potenciométrica, extrações sucessivas, e essa mesma solução tamponada a pH 5, KCl 0,1 mol L^{-1}, cloreto de cálcio ($CaCl_2$) a 0,01 mol L^{-1}, oxalato de amônio 0,2 mol L^{-1}, pirofosfato de sódio 0,1 mol L^{-1} e cloreto de cobre 0,5 mol L^{-1}. As quantificações desse elemento foram feitas por titulação ou por espectrofotometria de absorção atômica, quando pertinente.

O projeto 2, concluído no ano de 2017, objetivou avaliar se as elevadas quantidades de Al-KCl existentes em solos ácidos de diferentes regiões brasileiras (AC, PE, RS e SC) com características físicas, químicas e mineralógicas distintas, estão relacionadas com a atividade do Al na solução do solo e com a manifestação de toxidez pelas plantas de soja e de milho cultivadas nesses solos. Para isso, foram implantados dois experimentos, em casa de vegetação com as culturas da soja e do milho, na Universidade do Estado de Santa Catarina, em Lages-SC, com amostras de horizontes

subsuperficiais (B), todos muito ácidos e a maioria com teores de Al superiores a 4 $cmol_c\ kg^{-1}$.

Ainda em relação ao projeto 2, no que tange às análises de solo, com o término dos experimentos, procedeu-se às coletas das amostras em cada unidade experimental. Posteriormente, foram realizadas as análises químicas de solo (pH em água, em $CaCl_2$ 0,01mol L^{-1} e em KCl 1 mol L^{-1}, bem como do Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^+ , P, Al^{3+} e do H+Al) e de solução do solo (pH, a condutividade elétrica, a força iônica, a concentração de Ca^{2+}, Mg^{2+}, P, K^+, Al^{3+}, dos ânions sulfato, cloreto, nitrato e fosfato e do carbono orgânico dissolvido). Os dados obtidos na solução foram utilizados para realização da especiação química das diferentes espécies de Al presentes em solução pelo programa Visual Minteq A2 versão 4.0.

Nas mesmas amostras de solo, foram realizadas extrações sucessivas utilizando-se $CaCl_2$ 0,01mol L^{-1}, KCl 0,1 e 1 mol L^{-1} e oxalato de amônio 0,02 mol L^{-1} e não sucessivas com os dois últimos extratores. Para a obtenção desses resultados, foram utilizados os seguintes aparelhos: pHmetro, espectrofotômetro de chama de alta resolução (Contraa 700) para a quantificação do Al, bureta automática (titulação do Al com NaOH 0,02 mol L^{-1} padronizado com biftalato ácido de potássio e utilizando como indicador a fenolftaleína 0,1%), fotômetro de chama, espectrofotômetro Analyst 200 e espectrofotômetro de absorção molecular (método colorimétrico).

Os projetos 3, 4 e 5 foram concluídos, respectivamente, em 2018, 2019 e 2021. Os dois primeiros, objetivaram testar o potencial dos seguintes pós de rochas: olivina melilitito em duas granulometrias (filler e pó) e; siltito, tefrito, olivina melilitito e siltito + olivina melilitito, puros ou combinados com esterco bovino na melhoria da fertilidade do solo e na produtividade das culturas de soja e cevada, cultivadas em sucessão. Além disso, esses estudos visaram verificar se os mesmos atendiam a todos os requisitos da legislação para seu enquadramento desses materiais como remineralizadores de solos (RMS), junto ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). O terceiro, objetivou somente avaliar a liberação de nutrientes pelos mesmos pós de rochas e solos (Cambissolo e Nitossolo) utilizados no projeto 4 após cinco tempos de incubação (45; 172; 352; 516 e 982 dias de incubação).

Nesses três projetos foram realizadas análises químicas para a caracterização básica dos solos como relatado no projeto 2, mas com uma modificação. O Al foi determinado

somente por titulação utilizando os mesmos reagentes supramencionados. Os demais elementos químicos foram quantificados conforme citado no quinto parágrafo desta declaração. No projeto 5, além da caracterização básica dos solos, realizou-se a extração da solução dos solos e a determinação do pH, da condutividade elétrica, das concentrações de Ca^{2+}, Mg^{2+}, Al^{3+}, Si, de P e de K e Na^{+}. Essas análises foram realizadas, respectivamente, nos seguintes aparelhos: pHmetro, condutivímetro, espectrofotômetro de emissão óptica por plasma acoplado indutivamente (ICP-OES), por espectrofotômetro de absorção molecular (método colorimétrico) e por fotômetro de chama.

Ademais, cabe salientar que o candidato realizou análises mineralógicas dos pós de todas as rochas anteriormente citadas. Essas análises foram realizadas, na forma de pó, por difratometria de raios-X em um difratômetro Philips, modelo PW 3710, dotado de tubo de cobre, ângulo de compensação θ/2θ e monocromador de grafite, com variação angular de 3,2 a 42º2θ. A velocidade angular foi de 0,02º 2θ/s, em modo por passos (step), com tempo de 1 (um) segundo de leitura por passo.

Todas as análises referentes aos cinco projetos mencionados nesta declaração foram conduzidas nas dependências do Centro de Ciências Agroveterinárias da UDESC/CAV, em Lages (SC), no Laboratório de Gênese e Classificação de Solos. Além disso, com os resultados obtidos em cada uma delas, que fizeram parte dos projetos acima relatados, foram confeccionados, além de resumos para congressos, simpósios, entre outros, de 15 artigos publicados em periódicos nacionais e internacionais.

Diante do que foi declarado, atesto que o candidato reúne todas as qualidades necessárias e tem experiência desde a coleta de amostras de solos até a realização de análises químicas e mineralógicas de rochas e solos, estando plenamente apto a desempenhar todas as atividades previstas no documento a qual esta declaração se refere.

É o que me cabe atestar.

gov.br Documento assinado digitalmente
JAIME ANTONIO DE ALMEIDA
Data: 22/04/2025 15:19:55-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. Jaime Antonio de Almeida
Departamento de Solos e Recursos Naturais
Universidade do Estado de Santa Catarina
Centro de Ciências Agroveterinárias

UDESC
UNIVERSIDADE
DO ESTADO DE
SANTA CATARINA

LAGES · CAV
CENTRO DE CIÊNCIAS
AGROVETERINÁRIAS

DECLARAÇÃO DE ATIVIDADES LABORATORIAIS

Eu, Mari Lúcia Campos, doutora em solos e nutrição de plantas, professora titular da UDESC/CAV, declaro, para os devidos fins, que o Dr. Gabriel Octávio de Mello Cunha estará atuando efetivamente sob minha supervisão, até dia 31 de julho de 2025, como bolsista no projeto "Análise Química de Solos e Calcário", vinculado ao Laboratório de Análise de Solos (LAS) da Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias – UDESC/CAV – Lages- Santa Catarina (SC), conforme previsto no Edital FAPESC nº 03/2023.

Durante esse período, participou, junto com a equipe (composta por estagiários, técnico laboratorial, entre outros) do LAS, nos dois anos de vigência do contrato (2023 – 2025), de rotinas laboratoriais, realizando análises químicas outrora denominadas "básicas" e "completas" de solos coletados em vários Estados, não se limitando apenas a SC. Também foram realizadas análises de calcário (umidade, poder de neutralização, eficiência relativa e PRNT). Em relação às análises básicas, são determinados nos solos os valores de pH em água e em solução tampão SMP, os teores de cálcio, magnésio, fósforo, potássio, sódio, alumínio, matéria orgânica e argila. Já, nas completas, são quantificados, além dos citados nas básicas, os teores de ferro, cobre, zinco e manganês.

Para a obtenção desses resultados foram utilizados os seguintes aparelhos: pHmetro, bureta automática para a quantificação do Al, fotômetro de chama, espectrofotômetro de absorção atômica (Analyst 200) e espectrofotômetro de absorção molecular (método colorimétrico).

Os laudos técnicos, após as análises descritas acima, foram emitidos com base nos resultados obtidos, conferidos e assinados pelo (a) coordenador (a) técnico (a) – professor (a) efetivo (a) da instituição –, e posteriormente foram enviados para os respectivos responsáveis para a realização de práticas de manejo (adubação e/ou calagem) necessárias nas áreas de interesse.

No primeiro período da bolsa, além das atividades relatadas anteriormente, colaborou com a organização e aprimoramento da rotina do LAS, no que tange à criação de planilhas digitais para controle de clientes e serviços, atualização do sistema para análise de argila. Também participou da seleção e orientação de novos estagiários e auxiliou na condução de atividades administrativas do laboratório, tais como organização de documentos para o recredenciamento do LAS junto à UDESC e à Fundação Instituto de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão (FIEPE). Atualmente, o LAS encontra-se regularizado em ambas as instituições.

No segundo ano, o bolsista, além de ter dado continuidade às atividades laboratoriais descritas no segundo, terceiro e quarto parágrafos deste documento, envolveu-se, paralelamente, à um projeto cujo objetivo foi testar, comparativamente, os teores de carbono orgânico obtidos após a aplicação de diferentes métodos de determinação (Tedesco et al., 1995 – solução sulfocrômica e; método do carbono orgânico total – TOC/TIC), em 45 perfis de solos coletados em diferentes regiões da Serra Catarinense. Os resultados servirão como base para, futuramente, serem adotadas práticas laboratoriais mais seguras e sustentáveis, tendo como foco a substituição da metodologia proposta por Tedesco et al. (1995). Essa última, atualmente utilizada no LAS e em outros laboratórios, gera muitos resíduos tóxicos, que podem poluir o meio ambiente e trazer malefícios à saúde humana.

Ainda em relação aos resultados das análises citadas no parágrafo sobrescrito, estes serão utilizados para a confecção de um artigo técnico (em fase de preparo), que será enviado nos próximos meses, para apreciação de revisores e editores de uma revista nacional ou internacional para, caso seja aprovado, ser publicado.

Cabe destacar que, durante a permanência do bolsista no LAS, foram, até o momento da escrita desta declaração, foram realizadas 415 análises básicas e 715 completas de solos. Com os resultados obtidos, foram confeccionados 415 laudos técnicos. O número inferior de laudos em relação às amostras analisadas, deve-se ao fato de algumas amostras pertencerem a um(a) único(a) cliente. Essa diferença decorre do agrupamento dos resultados das análises químicas das amostras de um mesmo cliente em um único documento realizado pelo aplicativo "Projeto Solos".

À título de informação, o LAS encontra-se em processo de credenciamento junto à Rede Oficial de Laboratórios de Solos e Tecido Vegetal dos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (ROLAS) para a obtenção do "Selo de Qualidade". Para tanto, são enviadas, mensalmente, amostras de solos de diferentes laboratórios que compõem a referida rede para serem analisadas pela equipe do LAS. Os resultados obtidos são inseridos no site da ROLAS para serem avaliados de acordo com os critérios já preestabelecidos pela comissão. O referido selo será obtido, caso o LAS tenha, no mínimo, 85% de acertos. Reforça-se, nesse contexto, a importância de se ter uma equipe qualificada para dar sequência aos trabalhos já realizados nos últimos meses.

Por fim, declaro que, o bolsista durante o período de vigência da bolsa mostrou responsabilidade, compromisso com prazos, colaborou no dia a dia do laboratório, acompanhando a equipe, organizando tarefas e mantendo o bom funcionamento das atividades. Em vista disso, por apresentar um bom desempenho técnico e profissional, recomendo sua participação neste e em outros processos seletivos que demandem conhecimento, responsabilidade e dedicação.

É o que me cabe atestar.

gov.br Documento assinado digitalmente
MARI LUCIA CAMPOS
Data: 28/04/2025 06:27:38-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Professora Doutora Mari Lúcia Campos

Departamento de Solos e Recursos Naturais

Universidade do Estado de Santa Catarina

Centro de Ciências Agroveterinárias

DECLARAÇÃO FAPESC

RELATÓRIOS SEMESTRAIS

PRIMEIRA VERSÃO ARTIGO CIENTÍFICO (REFERENTE AO PLANO DE TRABALHO DO CANDIDATO – PRORROGAÇÃO DA BOLSA)

EDITAL CHAMADA PÚBLICA FAPESC N°03/2023

Observação: Nas últimas páginas deste documento, seguem anexados, exclusivamente, o plano de trabalho (último período da bolsa) e a primeira versão do artigo científico (assinado pela supervisora do candidato, a professora Mari Lúcia Campos) correspondente. O relatório final não será enviado, pois a vigência do contrato do referido edital vai até 31/07/2025. Todos vinculados à declaração da referida professora.

DECLARAÇÃO

Declaramos que **Gabriel Octávio de Mello Cunha,** cadastrado(a) no CPF nº **001.366.931-13**, é bolsista vinculado(a) ao Edital de Chamada Pública FAPESC n° 03/2023 – Programa De Fomento À pesquisa E Inovação Em Áreas Estratégicas Para Atender A Demanda Da Sociedade Catarinense Pela Universidade Do Estado De Santa Catarina -UDESC e recebe bolsa SET-E no valor de R$ 4.200,00/mês (quatro mil e duzentos reais) pelo período de 01/08/2023 a 31/03/2025, com encerramento da vigência previsto para 31/07/2025.

Florianópolis, data da assinatura digital.

Virginia Silva Machado
Gerente de Eventos em CTI
(assinado digitalmente)

Pág. 01 de 01 - Documento assinado digitalmente. Para conferência, acesse o site https://portal.sgpe.sea.sc.gov.br/portal-externo e informe o processo FAPESC 00002065/2023 e o código G409D3KX.

Assinaturas do documento

Código para verificação: **G409D3KX**

Este documento foi assinado digitalmente pelos seguintes signatários nas datas indicadas:

VIRGINIA SILVA MACHADO (CPF: 097.XXX.229-XX) em 19/03/2025 às 16:34:33
Emitido por: "SGP-e", emitido em 19/02/2021 - 18:08:36 e válido até 19/02/2121 - 18:08:36.
(Assinatura do sistema)

Para verificar a autenticidade desta cópia, acesse o link https://portal.sgpe.sea.sc.gov.br/portal-externo/conferencia-documento/RkFQRVNDXzQzMDVfMDAwMDIwNjVfMjA2OV8yMDIzX0c0MDlEM0tY ou o site https://portal.sgpe.sea.sc.gov.br/portal-externo e informe o processo **FAPESC 00002065/2023** e o código **G409D3KX** ou aponte a câmera para o QR Code presente nesta página para realizar a conferência.

fapesc Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina

GOVERNO DE SANTA CATARINA
SECRETARIA DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO

RELATÓRIO TÉCNICO DE BOLSISTA

EDITAL DE CHAMADA PÚBLICA FAPESC Nº 03/2023 – PROGRAMA DE FOMENTO À PESQUISA E INOVAÇÃO EM ÁREAS ESTRATÉGICAS PARA ATENDER A DEMANDA DA SOCIEDADE CATARINENSE PELA UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA - UDESC

Tipo de Relatório: (X) PARCIAL ( ) FINAL

Período do Relatório Técnico: 01/08/2023 a 31 /01/2024

1 – Dados pessoais

Nome: Gabriel Octávio de Mello Cunha
E-mail: gabriel.cunha4@gmail.com
Telefone: (49) 9 98205999
Título do Projeto: Análise química de solos e Calcário

2 – Resumo da proposta inicial do Projeto

Os resultados obtidos pelo Laboratório Análise de Solos e Calcário (Rotina) compõem laudos técnicos que garantem a qualidade do manejo da adubação e calagem de áreas agrícolas localizadas na região do Planalto Serrano. As análises prestadas pelo laboratório são utilizadas não só no que tange o manejo do solo agrícola, mas também auxiliam gestão ambiental (uso eficiente e adequado dos adubos) e econômica das propriedades rurais (custo dos insumos). As análises, realizadas pelo laboratório, atendem demandas dos produtores rurais, de projetos de pesquisa e extensão.

3 – Resumo do Projeto no momento da apresentação deste relatório

Durante o período de vigência da bolsa foram realizadas análises químicas de solos e alguns ajustes (realizados com a concordância e orientação da Professora e Coordenadora Mari Lúcia Campos) na rotina do Laboratório de Análise do Solo (LAS), localizado na UDESC/CAV). Além disso, o bolsista organizou a documentação necessária para o recredenciamento do Laboratório junto à Instituição supracitada.

No referido Laboratório são feitas análises químicas de solos (“básica” ou “completa”) tanto para projetos de pesquisa da instituição supramencionada como para a comunidade externa. Nos parágrafos subsequentes, serão apresentadas, brevemente, as atividades nele realizadas.

As amostras de solos, após o recebimento, são cadastradas no aplicativo "Projeto Solos" (APS). Em seguida, realiza-se o processamento delas antes de serem analisadas quimicamente, que são secagem em estufa de circulação forçada a 60 °C, moagem e peneiramento (malha de 2 mm).

Nas análises outrora definidas como "básica" são determinados os pH's em água e SMP e os teores de cálcio, magnésio, potássio, fósforo, alumínio, H+Al, argila e matéria orgânica e, como "completa", sendo nesta avaliados, além dos acima relacionados, os elementos ferro, cobre, zinco e manganês. Também realiza-se análises de calcário (umidade, eficiência relativa, poder de neutralização e PRNT). A metodologia utilizada desde o processamento das amostras até as análises químicas é a preconizada pela Rede Oficial de Laboratórios de Análise de Solo e de Tecido Vegetal dos Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina (ROLAS).

No que concerne essas análises, são gerados laudos no APS (formato PDF) contendo os resultados das análises químicas com adição dos cálculos de saturação de bases e de alumínio, as CTC's a pH 7,0 e efetiva e as relações Ca/Mg, (Ca+Mg)/K e $K/(Ca+Mg)^{1/2}$. Ademais, é importante salientar que àqueles referentes ao calcário os laudos são gerados somente em planilhas no formato Word com a identificação do contratante e com os resultados das análises supracitadas.

Os ajustes realizados foram desde a inserção de mais dados dos clientes tais como e-mail e telefone, confecção de planilhas para o melhor controle até a substituição de equipamento para a determinação de argila nas amostras de solo. Maiores detalhes dos dois últimos serão apresentados no item subsequente.

Os documentos organizados para o recredenciamento do laboratório foram constituídos de: "comunicação interna, justificativa de prestação de serviços e orçamentos dos reagentes químicos utilizados na rotina diária do laboratório, emitidos pelas empresas responsáveis pela venda dos mesmos". Além desses documentos, também foi enviada uma tabela para atualização dos preços das análises químicas descritas acima. O processo foi enviado pela coordenadora do laboratório em novembro de 2023 no Sistema de Gestão de Processos Eletrônicos (SGPE).

Considerando o exposto, os objetivos do trabalho do bolsista foram relacionados com às análises químicas de solos, à confecção de laudos técnicos e à organização dos documentos para o recredenciamento do LAS.

4 – Resultados alcançados pelo Projeto no período deste relatório de acordo com o cronograma apresentado no Plano de Trabalho do bolsista

Em relação aos ajustes, o bolsista em conjunto com sua orientadora e com a equipe do laboratório substituiu o sistema (de canos) de análise de argila do solo para um mais novo e dentro das normas preconizadas pela Rede Oficial de Laboratórios de Análise de Solo e de Tecido Vegetal dos Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina (ROLAS), com o intuito de se adequar às regras e para aumentar a confiabilidade dos resultados referentes à textura dos solos.

As planilhas foram criadas em formato Excel e salvas na nuvem do e-mail do laboratório. Nelas constam os nomes dos clientes, telefones, e-mails, pagamento dos serviços prestados e a entrega ou não dos laudos. Elas foram criadas para o melhor acompanhamento tanto das atividades como agilizar o processo de atendimento e entrega dos resultados aos clientes.

O processo de recredenciamento está em tramitação no SGPE, mas já foi apreciado pela maioria das instâncias da UDESC.

5 – Produção gerada pelo projeto, com a participação do bolsista (Entregáveis) do Plano de Trabalho do bolsista (Breve descrição das Atividades complementares,

produção técnica e artística/cultural, eventos científicos, publicações, tecnologias desenvolvidas, produção passível de Propriedade Intelectual)

Em relação aos “entregáveis do plano de trabalho do bolsista”, foram confeccionados laudos técnicos de acordo com as análises (básica e completa) e enviados por e-mail para seus respectivos solicitantes.

6 – Conclusões (parciais ou finais) do projeto:

As análises químicas solicitadas por todos os clientes no período de vigência da bolsa foram realizadas.

Todos os laudos foram confeccionados e enviados para os clientes.

O processo de recredenciamento do LAS ainda está em tramitação na UDESC.

7 – Sugestão de continuação do projeto ou nova etapa:

As etapas relacionadas à rotina do LAS continuarão as mesmas descritas no item 3 deste relatório.

Após o recredenciamento do LAS, será verificado a possibilidade de aquisição de materiais de consumo ou permanentes junto à FIEPE, com o intuito de facilitar a obtenção deles e o trabalho da equipe do laboratório.

8 – Desempenho do bolsista*: (Comentar sobre o desempenho do bolsista no decorrer do projeto)

O bolsista, Dr. Gabriel Octávio de Mello Cunha, é assíduo, pontual, responsável e proativo, ou seja, apresentando excelente desempenho.

**** A ser preenchido pelo Coordenador ou Supervisor***

Documento assinado digitalmente
gov.br GABRIEL OCTAVIO DE MELLO CUNHA
Data: 07/02/2024 15:29:42-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

ta

Documento assinado digitalmente
gov.br MARI LUCIA CAMPOS
Data: 07/02/2024 15:09:28-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Nome e assinatura Coordenador

Nome e assinatura do Supervisor

Cidade, Lages, 07/02/2024

fapesc Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina

GOVERNO DE SANTA CATARINA
SECRETARIA DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO

RELATÓRIO TÉCNICO DE BOLSISTA

EDITAL DE CHAMADA PÚBLICA FAPESC Nº 03/2023 – PROGRAMA DE FOMENTO À PESQUISA E INOVAÇÃO EM ÁREAS ESTRATÉGICAS PARA ATENDER A DEMANDA DA SOCIEDADE CATARINENSE PELA UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA - UDESC

Tipo de Relatório: ( ) PARCIAL (X) FINAL

Período do Relatório Técnico: 01/02/2024 a 31/07/2024

1 – Dados pessoais

Nome: Gabriel Octávio de Mello Cunha
E-mail: gabriel.cunha4@gmail.com
Telefone: (49) 9 98205999
Título do Projeto: Análise química de solos e Calcário

2 – Resumo da proposta inicial do Projeto

Realizar a análise de solo, com qualidade, gerando ferramenta de diagnóstico da qualidade química dos solos que embasará as recomendações de adubação e calagem dos diferentes solos do Planalto Serrano e de outras regiões de Santa Catarina.

3 – Resumo do Projeto no momento da apresentação deste relatório

Os resultados obtidos pelo Laboratório Análise de Solos e Calcário (Rotina) compõem laudos técnicos que garantem a qualidade do manejo da adubação e calagem de áreas agrícolas localizadas na região do Planalto Serrano. As análises prestadas pelo laboratório são utilizadas não só no que tange o manejo do solo agrícola, mas também auxiliam gestão ambiental (uso eficiente e adequado dos adubos) e econômica das propriedades rurais (custo dos insumos).
As análises, realizadas pelo laboratório, atendem demandas dos produtores rurais, de projetos de pesquisa e extensão.

4 – Resultados alcançados pelo Projeto no período deste relatório de acordo com o cronograma apresentado no Plano de Trabalho do bolsista

O bolsista durante o período de vigência da bolsa, de 01/08/2023 até a presente data (08/08/2024), alcançou os resultados abaixo descritos (em ordem cronológica), a saber:

1- Substituição do sistema (de canos) de análise de argila do solo para um mais novo e dentro das normas preconizadas pela Rede Oficial de Laboratórios de Análise de Solo e de

Tecido Vegetal dos Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina (ROLAS), com o intuito de se adequar às regras e para aumentar a confiabilidade dos resultados referentes à textura dos solos em conjunto com sua coordenadora, a Professora Doutora Mari Lúcia Campos, e com a equipe do Laboratório de Análise do Solo (LAS) da UDESC/CAV;

2- Planilhas, em formato Excel, foram criadas e salvas na nuvem do e-mail do LAS. Nelas constam os nomes dos clientes, telefones, e-mails, pagamento dos serviços prestados e a entrega ou não dos laudos. Elas foram criadas para o melhor acompanhamento tanto das atividades como agilizar o processo de atendimento e entrega dos resultados aos clientes;

3- Organização dos documentos referentes ao processo de credenciamento do LAS. Posteriormente, foram anexados no SGPE pela Professora Doutora Mari Lúcia Campos. O referido processo já passou em todas as instâncias da UDESC e obteve aprovação nas reuniões do (a): 1) Colegiado do Departamento de Solos e Recursos Naturais, 2) Departamento de Solos e Recursos Naturais; 3) Coordenadoria de Projetos e Inovação;

4- Seleção e escolha de novos estagiários, que já estão atuando desde fevereiro de 2024 no LAS;

5- Auxílio na coordenação das atividades do LAS no que tange às análises e à equipe, junto com o atual coordenador, o Professor Doutor Paulo Cezar Cassol.

5 – Produção gerada pelo projeto, com a participação do bolsista (Entregáveis) do Plano de Trabalho do bolsista (Breve descrição das Atividades complementares, produção técnica e artística/cultural, eventos científicos, publicações, tecnologias desenvolvidas, produção passível de Propriedade Intelectual)

Foram confeccionados laudos técnicos de acordo com as análises (“básica e completa”) solicitadas pelo público externo e posteriormente enviados para os seus respectivos endereços eletrônicos. Os resultados abaixo descritos foram obtidos de 21/08/2023 até 05/08/2024

Número de Laudos Gerados: 277
Número de Amostras Básicas: 253
Número de Amostras Completas: 424
Número de Amostras e Laudos referente às análises de calcário: 7

É importante salientar que o número inferior de laudos em relação às amostras analisadas está relacionado com a quantidade de amostras que cada cliente cadastra no sistema do LAS. Por exemplo, se são adicionadas no aplicativo “Projeto Solos” cinco amostras por um único solicitante, o referido aplicativo organiza o laudo somente em uma ou mais laudas em um mesmo arquivo, ajustando todos os resultados.

Na data em que foi confeccionado este relatório, 08/08/2024, foram cadastradas 26 amostras, das quais 4 são para análises básicas e 22 para completas.

Como o bolsista atua em um laboratório de rotina e os dados obtidos após as análises são de propriedade dos clientes, não foi gerado nenhum tipo de produção científica.

6 – Conclusões (parciais ou finais) do projeto:

As análises químicas solicitadas por todos os clientes no período de vigência da bolsa

foram realizadas.

Todos os laudos foram confeccionados e enviados para os clientes.

O processo de recredenciamento do LAS tramitou e foi aprovado em todas as instâncias da UDESC.

7 – Sugestão de continuação do projeto ou nova etapa:

No que tange às análises químicas, as etapas relacionadas à rotina do LAS continuarão as mesmas descritas no item 3 deste relatório.

Credenciamento do LAS junto à Fundação Instituto de Apoio ao Ensino Pesquisa e Extensão (FIEPE), com o intuito de facilitar o uso das verbas geradas com as análises realizadas.

8 – Desempenho do bolsista*: (Comentar sobre o desempenho do bolsista no decorrer do projeto)

O bolsista Dr. Gabriel Octávio de Mello Cunha é excelente profissional, assíduo, pontual, respeitoso e compromissado.

O trabalho do bolsista foi essência para o bom funcionamento do LAS e na qualidade das análises.

**** A ser preenchido pelo Coordenador ou Supervisor***

gov.br Documento assinado digitalmente
GABRIEL OCTAVIO DE MELLO CUNHA
Data: 09/08/2024 14:57:47-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Nome e assinatura do Bolsista

Nome e assinatura Coordenador

gov.br Documento assinado digitalmente
MARI LUCIA CAMPOS
Data: 09/08/2024 14:31:52-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Nome e assinatura do Supervisor

Lages, 08/ 08/ 2024

fapesc Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina

GOVERNO DE SANTA CATARINA SECRETARIA DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO

RELATÓRIO TÉCNICO DE BOLSISTA

EDITAL DE CHAMADA PÚBLICA FAPESC Nº 03/2023 – PROGRAMA DE FOMENTO À PESQUISA E INOVAÇÃO EM ÁREAS ESTRATÉGICAS PARA ATENDER A DEMANDA DA SOCIEDADE CATARINENSE PELA UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA - UDESC

Tipo de Relatório: (x) PARCIAL ( ) FINAL
Período do Relatório Técnico: 01/08/2024 a 06/02/2025

1 – Dados pessoais

Nome: Gabriel Octávio de Mello Cunha
E-mail:gabriel.cunha4@gmail.com
Telefone: (49) 9 98205999
Título do Projeto: Análise química de solos e calcário

2 – Resumo da proposta inicial do Projeto

Realizar a análise de solo, com qualidade, gerando ferramenta de diagnóstico da qualidade química dos solos que embasará as recomendações de adubação e calagem dos diferentes solos do Planalto Serrano e de outras regiões de Santa Catarina.

3 – Resumo do Projeto no momento da apresentação deste relatório

O bolsista, além das atividades diárias no Laboratório de Análise do Solo (LAS), lotado no Departamento de Solos e Recursos Naturais da Universidade do Estado de Santa Catarina, realizou análises químicas para obtenção dos teores de matéria orgânica em amostras de solos de 44 perfis coletados em regiões distintas, com o intuito de testar e adaptar método de determinação de Carbono orgânico para atender ao estabelecidos pela ROLAS - Rede Oficial de Laboratórios de Análise de Solo e de Tecido Vegetal dos Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina - adaptando ferramenta de diagnóstico da qualidade química dos solos que embasará as recomendações de adubação e calagem dos diferentes solos do Planalto Serrano e de outras regiões de Santa Catarina.

4 – Resultados alcançados pelo Projeto no período deste relatório de acordo com o cronograma apresentado no Plano de Trabalho do bolsista

Como citado no item anterior, foram realizadas análises químicas para a determinação de carbono orgânico (CO) em amostras de 44 perfis de solos coletadas em diversas regiões. Os resultados foram obtidos após a extração da CO com a utilização de dicromato de potássio por colorimetria. Os resultados das referidas análises encontram-se na tabela 1. Além deles, com o intuito de comparar os valores, também foram adicionados os obtidos pelo TOC.

Tabela 1 - Comparação teores de CO extraídos com dicromato de K e pelo TOC

AMOSTRA/PERFIL	CARBONO ORGÂNICA (CO)	
	DICROMATO K	TOC
	g kg^{-1}	

P1	17,71	40,35
P2	34,81	48,85
P3	110,29	62,05
P4	28,87	29,05
P5	69,29	35,35
P6	13,99	21,8
P7	12,16	23,95
P8	-	28,55
P9	12,61	35,9
P10	42,45	28,7
P11	10,33	9,05
P12	33,97	32,75
P13	9,88	10,75
P14	40,49	33,85
P15	105,67	44,55
P16	70,45	27,9
P17	23,77	21,15
P18	24,41	19,3
P19	44,46	32,3
P20	32,59	21,1
P21	29,80	25,6
P22	-	23,9
P23	-	26,85
P24	18,69	23,85
P25	22,55	18,75
P26	169,0	127,5
P27	41,5	36,65
P28	175,1	27,45
P29	26,8	18,9
P30	19,2	19,6
P31	26,3	22,35
P32	32,4	26,55
P33	35,4	28,1
P34	27,3	26,5
P35	37,5	26,35
P36	30,2	30,5
P37	24,0	28,35
P38	37,4	28,95
P39	38,8	30,75
P40	24,5	20,5
P41	144,2	119
P42	212,6	249
P43	164,7	212,5
P44	30,3	53,05

P45	-	29,8
P46	25,4	32,8
P47	26,4	52
P48	-	26,8
P49	37,9	52,95
P50	-	32,15

- Não analisadas por falta de amostra

Em uma análise geral dos dados, sem estatística, verifica-se que os resultados nos dois métodos utilizados para a obtenção de CO ora ficaram mais elevados após extração com dicromato de potássio, ora no TOC. Sumariamente, esses resultados podem estar relacionados com as particularidades inerentes a cada solo e dos métodos de extração e quantificação da MO.

5 – Produção gerada pelo projeto, com a participação do bolsista (Entregáveis) do Plano de Trabalho do bolsista (Breve descrição das Atividades complementares, produção técnica e artística/cultural, eventos científicos, publicações, tecnologias desenvolvidas, produção passível de Propriedade Intelectual)

Além das análises e dos resultados apresentados no item anterior, o bolsista desempenhou as atividades abaixo elencadas, a saber:

1) Foram confeccionados laudos técnicos de acordo com as análises químicas de solos (“básicas” e “completas”) solicitadas tanto pelo público interno da instituição como para o público externo;
2) Cadastramento do LAS junto à Fundação Instituto de Apoio ao Ensino Pesquisa e Extensão (FIEPE). Esse cadastro, ajudará tanto no sistema de cobrança pelos serviços prestados como para o controle e uso dos recursos financeiros gerados para, futuramente, serem utilizados para compra de materiais e equipamentos para o LAS;
3) Confecção de processos para a compra de fotômetro de chama e pHmetro;
4) Auxílio na coordenação das atividades do LAS no que tange às análises e à equipe, junto com o atual coordenador, o professor Paulo Cezar Cassol.

Foram confeccionados laudos técnicos de acordo com as análises (“básica e completa”) solicitadas pelo público externo e posteriormente enviados para os seus respectivos endereços eletrônicos. Os resultados abaixo descritos foram obtidos de 05/08/2024 até 06/02/2025

Número de Laudos Gerados: 109

Número de Amostras Básicas: 67

Número de Amostras Completas: 216

Número de Amostras e Laudos referente às análises de calcário: 2

É importante salientar que o número inferior de laudos em relação às amostras analisadas está relacionado com a quantidade de amostras que cada cliente cadastra no sistema do LAS. Por exemplo, se são adicionadas no aplicativo “Projeto Solos” cinco amostras por um único solicitante, o referido aplicativo organiza o laudo somente em uma ou mais laudas em um mesmo arquivo, ajustando todos os resultados.

Como o bolsista atua em um laboratório de rotina e os dados obtidos após as análises são de propriedade dos clientes, não foi gerado nenhum tipo de produção científica.

Com os resultados obtidos da CO – apresentados no item 4 deste relatório – será confeccionado um artigo.

6 – Conclusões (parciais ou finais) do projeto:

As análises químicas solicitadas por todos os clientes no período de vigência da bolsa foram realizadas.

Todos os laudos foram confeccionados e enviados para os clientes.

O laboratório encontra-se regularizado tanto na instituição como na FIEPE.

Os resultados de matéria orgânica foram obtidos em todas as amostras de solos.

7 – Sugestão de continuação do projeto ou nova etapa:

No que tange às análises químicas, as etapas relacionadas à rotina do LAS continuarão as mesmas descritas no item 5 deste relatório.

A nova etapa será a confecção do artigo com a utilização dos dados apresentados no item 4 deste relatório.

8 – Desempenho do bolsista*: (Comentar sobre o desempenho do bolsista no decorrer do projeto)

O Dr. Gabriel é dedicado, assíduo e muito responsável, além de apresentar excelente capacidade analítica e de resolução de problemas. Excelente desempenho!

**** A ser preenchido pelo Coordenador ou Supervisor***

gov.br Documento assinado digitalmente
GABRIEL OCTAVIO DE MELLO CUNHA
Data: 10/02/2025 15:33:19-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Nome e assinatura do Bolsista

Nome e assinatura do Coordenador

gov.br Documento assinado digitalmente
MARI LUCIA CAMPOS
Data: 10/02/2025 13:58:07-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Dra. Mari Lucia Campos
Supervisor

Lages, 10/02/2025.

PLANO DE TRABALHO DO BOLSISTA

EDITAL DE CHAMADA PÚBLICA FAPESC Nº 03/2023
PROGRAMA DE FOMENTO ÀPESQUISA E INOVAÇÃO EM ÁREAS ESTRATÉGICAS PARA ATENDER A DEMANDA DA SOCIEDADE CATARINENSE PELA UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA -UDESC

1 DO PROJETO

1.1 Nome do Bolsista Gabriel Octávio de Mello Cunha
1.2 Título do Projeto Análise química de solos e Calcário
1.3 Grande Área do Conhecimento (x) Ciências Agrárias ( ) Ciências Biológicas ( ) Ciências da Saúde ( ) Ciências Exatas e da Terra ( ) Ciências Humanas ( ) Ciências Sociais Aplicadas ( ) Engenharias ( ) Linguística, Letras e Artes ( ) Outra ( ) Tecnologias
1.4 Identificação do objeto
1.5 Objetivo da pesquisa Testar e adaptar método de determinação de Carbono orgânico para atender ao estabelecidos pela ROLAS - **Rede Oficial de Laboratórios** de Análise de **Solo** e de Tecido Vegetal dos Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, adaptando ferramenta de diagnóstico da qualidade química dos solos que embasará as recomendações de adubação e calagem dos diferentes solos do Planalto Serrano e de outras regiões de Santa Catarina.

1.6 Entregáveis (produto/processo ou equivalente) A determinação de carbono orgânico pelo método Tedesco et al. (1995) gera resíduos tóxicos ao laboratorista e ao meio ambiente, sendo assim é fundamental a substituição por novos métodos mais eficientes e sustentável.
1.7 Previsão de divulgações e publicações (científicas ou não) de artigos, livros, resenhas e/ou *papers*. 01 (um) resumo Congresso/Simpósio e 01(um) artigo
1.8 Resumo do Plano de Trabalho Adaptação e Substituição do método de carbono orgânico do solo para cálculo da matéria orgânica. Para tanto serão coletadas amostras de solos da serra catarinense, com teores crescentes de carbono orgânico, que serão utilizadas na calibração e adaptações metodológicas para determinação de carbono orgânico pelo método da carbono orgânico total (TOC/TIC)

Bolsista	Coordenador
FAPESC	Profa. Dra. Mari Lucia Campos Supervisor

ARTIGO REFERENTE AO PLANO DE TRABALHO (PRORROGAÇÃO BOLSA FAPESC)

EDITAL FAPESC 03/2025

Professora Doutora Mari Lúcia Campos

Departamento de Solos e Recursos Naturais

Universidade do Estado de Santa Catarina

Centro de Ciências Agroveterinárias

DETERMINAÇÃO DO CARBONO ORGÂNICO TOTAL PELOS MÉTODOS WALKLEY-BLACK E ANALISADOR TOC EM 44 PERFIS DE SOLOS COLETADOS EM SANTA CATARINA

Gabriel Octávio de Mello Cunha, Caroline Aparecida Matias Pierezan, Matheus Rodrigo Machado, Daniely Neckel Rosini, Rogério Laus, Paulo Cezar Cassol, Jaime Antonio de Almeida, Mari Lúcia Campos

RESUMO

A determinação precisa dos teores de carbono orgânico de solos (COS) é essencial para o entendimento da dinâmica do carbono e, consequentemente, da matéria orgânica tanto no contexto ambiental como no agronômico (práticas de manejo sustentável). Nesse sentido, o estudo objetivou avaliar, comparativamente, os teores de carbono orgânico (Corg) total quantificados por colorimetria (Walkley-Black) e pelo método instrumental por combustão seca, utilizando o analisador de Corg (TOC). Para isso, foram utilizadas amostras de 44 perfis de solos - desenvolvidos em ambientes pedogenéticos distintos - coletados em diferentes regiões da Serra Catarinense. A extração do Corg foi realizada com a utilização de uma solução sulfocrômica (DK mais ácido sulfúrico concentrado) misturada com as amostras de solos em erlenmeyers, em banho-maria (70-80°C) durante 30 minutos. As quantificações foram realizadas por colorimetria (comprimento de onda de 645 nm) e em um analisador de Corg (Analytik Jena Multi N/C 2100/2100S). Os dados foram submetidos à análise descritiva, seguida de análise de variância e comparação de médias pelo teste de Tukey, com nível de significância de 5%. A determinação de Corg foi influenciada pelas características físico-químicas dos solos testados. Embora a estatística tenha evidenciado similaridade entre os métodos, o do analisador TOC foi mais sensível na determinação dos teores de Corg resultando, em valores absolutos, maiores teores de Corg quando comparado com o método com DK.

Palavras-chave:

INTRODUÇÃO

O carbono orgânico (Corg) dos solos, representa um dos principais reservatórios do carbono terrestre, tendo como principais funções a manutenção e melhoria tanto da fertilidade química dos solos como da produtividade das plantas, elevada capacidade de retenção de água, melhoria na sua estrutura (estabilização dos agregados), além de suportar a biodiversidade dos ecossistemas terrestres (Guo et al., 2018; Dong et al., 2020; Grahmann et al., 2020; Mayer et al., 2020; Shamrikova et al., 2022; Souza et al., 2023; Li et al., 2024). Ainda, participa na ciclagem de nutrientes e no sequestro de carbono atmosférico, contribuindo para a mitigação das mudanças climáticas (Minasny et al., 2017; Soussana et al., 2019; Shamrikova et al., 2022; Dias et al., 2023; Narayanan et al., 2024).

Diante de sua relevância, faz-se importante que a escolha de métodos analíticos adequados para a quantificação do Corg seja mais precisa possível. Esse atributo do solo é essencial para estudos em ciência do solo, no que tange seu manejo sustentável, à avaliação da dinâmica da matéria orgânica e no monitoramento ambiental dos solos. Nesse contexto, o desenvolvimento, padronização e a comparação de diferentes metodologias e/ou técnicas analíticas para sua determinação assumem um papel central nos estudos científicos, especialmente nas áreas voltadas à sustentabilidade, à qualidade e conservação dos solos (Swickrath et al., 2012; Hutengs et al., 2019; Dong et al., 2020; Nair et al., 2021; Grahmann et al., 2022; Shamrikova et al., 2022; Souza et al., 2023; Loria et al., 2024; Zamora-Ledezma et al., 2025).

Entre os métodos disponíveis para a extração e quantificação do Corg, destaca-se o procedimento de Walkley-Black (1934), amplamente utilizado em laboratórios de pesquisa e rotina de solos devido à sua simplicidade e custo reduzido. O método baseia-se na oxidação química do carbono orgânico com a utilização da solução sulfocrômica (combinação do dicromato de sódio ou potássio com ácido sulfúrico concentrado) com posterior titulação volumétrica. Essa solução em contato com as amostras de solos, permite, durante 30 minutos em banho-maria à 70-80 °C, a extração parcial do Corg (Walkley-Black, 1934; Tedesco et al., 1995; Sato et al., 2014; Neto, 2015; Grahmann et al., 2022; Shamrikova et al., 2022; Loria et al., 2024; Alovisi et al., 2024).

Embora o Walkley-Black seja amplamente utilizado em laboratórios, devido à sua simplicidade e baixo custo, estudos científicos – nacionais e internacionais - apontam que o referido método subestima os teores reais de carbono devido à oxidação incompleta, com recuperação média entre 60-80% do carbono total, atingindo a média de 75% da oxidação real. Essa variabilidade está relacionada com a textura do solo, teor de argila, composição da MO e a presença de carbono pirogênico (Walkley-Black, 1934; Schumacher, 2002; Ramamoorthi e Meena, 2008; Chatterjee et al., 2009; Neto, 2015; Abraham, 2013).

Como alternativa ao método de titulação, tem se empregado o colorimétrico (leitura fotométrica da coloração resultante da redução do Cr^{6+}) que mantém o processo de extração acima mencionado, mas a sua quantificação é realizada por espectrofotometria na faixa do visível, a 645 nm. Essa técnica confere maior sensibilidade, reprodutibilidade, praticidade, menor variabilidade analítica (especialmente em solos com baixos teores de carbono), acurácia, segurança e eficiência operacional. Estudos indicam que esse método oferece melhor linearidade e menor variabilidade interanalista, além de eliminar o uso de reagentes presentes na titulação volumétrica tradicional.

Com o intuito de melhorar a quantificação do Corg, atualmente, tem se utilizado analisadores de carbono orgânico total (COT), cujo princípio se baseia, resumidamente, na combustão seca a altas temperaturas (>750°C), seguida da detecção do CO_2 por espectrofotometria no infravermelho (Focus Radiation NDIR Detector). Esses equipamentos permitem a completa mineralização do CO com a utilização de temperaturas elevadas, com resultados confiáveis. Essa quantificação é realizada com mínima interferência dos fatores externos.

Estudos publicados recentemente reforçam a eficácia dos analisadores COT em solos naturais e contaminados, destacando sua reprodutibilidade, sensibilidade e compatibilidade com as normas internacionais de qualidade analítica (Neto, 2015; Xue et al., 2019; Frentiu et al., 2013). Nessa temática, resultados encontrados por Neto (2015), Sato et al. (2014), Sousa et al. (2025, Zamora-Ledezma et al. (2025), evidenciaram elevada correlação entre o método COT e metodologias convencionais, destacando sua robustez inclusive para solos tropicais e temperados, com elevados teores de ferro e argila,

com índices de recuperação de 90% e excelente correlação com o Walkley-Black (Solly et al., 2020).

Enfim, os métodos para a quantificação do COS variam amplamente em precisão custo e impacto ambiental, sendo estes influenciados pelas características físico-químicas do solo (Sato et al., 2014; Tokura et al., 2024; Grahmann et al., 2023). Nesse contexto, estudos sobre essa temática devem ser mais desenvolvidos, considerando as características físico-químicas e mineralógicas dos solos brasileiros.

Diante do exposto e da relevância do COS nos contextos ambiental e agronômico, bem como a necessidade de tornar mais precisa a determinação dos teores de COT em solos coletados em diferentes ambientes pedogenéticos, este estudo objetivou avaliar, comparativamente, os teores de COT quantificados por meio de dois métodos analíticos distintos: colorimétrico baseado na reação de Walkley-Black (referência) e instrumental por combustão seca, utilizando analisador de COT.

MATERIAL E MÉTODOS

Solos utilizados

O estudo foi conduzido com amostras coletadas em 44 perfis de solos localizados em diferentes regiões da Serra Catarinense. Foram coletadas, no total, 44 amostras de solos, das quais são 13 Argissolos, 14 Cambissolos, 2 Latossolos, 12 Nitossolos, 2 Neossolos e 1 Organossolo. Todos os dados (químicos, físicos, bem como as classificações - de acordo com a Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS, 2016) -, os materiais de origem, os municípios e as localizações) referentes às amostras de solo analisadas podem ser verificados, com maiores detalhes, em Rosini (2024).

Os solos foram coletados (trado holandês, profundidade 0-20 cm, horizonte A) em locais onde já haviam sido anteriormente estudados por Almeida et al. (2003); Correa (2003); Almeida e Erhart (2009); Paes Sobrinho et al. (2009); Bringhenti et al. (2012); Costa et al. (2013); Ferreira (2013); Lunardi Neto e Almeida (2013) e; Teske et al. (2013). Posteriormente, no Laboratório de Análise Ambiental (lotado no Departamento de Solos e Recursos Naturais, DSRN-UDESC/CAV), foi realizado o procedimento para a obtenção

da terra fina seca ao ar (TFSA). Para isso, as amostras foram secas em temperatura ambiente (25°C), homogeneizadas e peneiradas em malha de 2 mm (Tedesco et al., 1995).

Os procedimentos para a determinação dos teores de carbono orgânico (Corg) em cada amostra avaliada serão descritos nos tópicos subsequentes.

Determinação dos teores de carbono orgânico (Corg) total por analisador de COT (TOC)

Após a obtenção da TFSA, procedeu-se o processamento das amostras antes da determinação do Corg no analisador TOC. Em resumo, as amostras de solo foram secas ao ar em temperatura ambiente (25°C), moídas em gral de ágata e peneiradas em malha 0,05 mm.

Na sequência, as amostras foram inseridas no aparelho, onde ocorreu o processo de combustão catalítica a 800-950°C (combustão analítica à alta temperatura), em fluxo contínuo de oxigênio puro, utilizando tubo de combustão de quartzo preenchido com catalisador de platina. O gás proveniente da combustão (carbono presente nos compostos orgânicos convertido em CO_2) foi resfriado e purificado por trampas específicas (etapa de purificação que remove outros gases gerados juntos - vapor de água, ácidos ou partículas sólidas finas ou poeira) antes do CO_2 chegar ao detector. Esse processo foi importante, pois protegeu o detector, garantindo que somente o referido gás fosse medido.

O CO_2 gerado foi quantificado por detecção via espectrofotometria de absorção no infravermelho não-dispersivos (NDIR). A quantificação do COT foi realizada pela integração da área do sinal obtido, utilizando-se as curvas de calibração previamente estabelecidas com o solo LUFA (solo certificado, valor de Corg de 1,77%). Este solo foi utilizado para a calibração do aparelho (Neto, 2015; Rosini, 2024).

A determinação dos teores de COT foi realizada utilizando-se um analisador de COT (Analisador Multi N/C 2100/2100S - Analytik Jena AG, Alemanha), por espectrofotometria de infravermelho (Focus Radiation NIDR Detector). Essa etapa foi realizada por combustão catalítica a alta temperatura (>750°C), com fluxo contínuo de oxigênio.

Determinação do Corg pelo método Walkley-Black

A extração e posterior determinação do Corg pelo método Walkley-Black foram realizadas, respectivamente, nos Laboratórios de Análise do Solo (Rotina) e Fertilidade do solo, ambos também lotados no DSRN da UDESC/CAV.

Na primeira etapa, foram cachimbados 1,5 g de cada um dos solos, em erlenmeyers de 50 mL. Posteriormente, adicionou-se 15 mL de uma solução sulfocrômica obtida pela combinação dos reagentes DK e ácido sulfúrico concentrados em um volume final de 2 L, completado com água destilada. Em seguida, as amostras foram digeridas em um banho-maria na temperatura de 75°C, durante 30 minutos, contados a partir da estabilização da temperatura (Tedesco et al., 1995). Após a extração, todas as amostras foram agitadas em um agitador orbital durante 7 minutos. Decorrido esse tempo, adicionou-se mais 15 mL de água destilada e repetiu-se a agitação. No final dessa etapa, as amostras ficaram 5 horas em repouso para a separação solo-solução.

Decorrido o tempo de decantação, pipetou-se 3 mL do sobrenadante e 3 mL de água destilada. Na sequência, os teores de COS foram determinados, utilizando o espectrofotômetro de absorção molecular (Shimadzu 1800 UV-VIS), no comprimento de onda de 645 nm.

Salienta-se que, no decorrer deste estudo, este método será tratado somente como método do dicromato de potássio (DK).

Análise Estatística

Os dados foram submetidos à análise descritiva, seguida de análise de variância (ANOVA) e comparação de médias pelo teste de Tukey, adotando-se um nível de significância de 5%. Previamente à ANOVA e ao teste de média, os pressupostos de normalidade e homogeneidade de variâncias foram avaliados pelos testes de Shapiro-Wilk e Bartlett, respectivamente, para garantir a validade dos modelos estatísticos. As análises foram realizadas no software Minitab (versão19).

RESULTADOS

Os resultados químicos referentes aos 44 perfis de solos avaliados neste estudo apresentaram, levando-se em consideração a estatística descritiva, no geral, ampla variabilidade nos atributos físico-químicos e texturais. Nesse sentido, os teores de carbono orgânico (Corg) determinados pelo analisador de carbono orgânico total (TOC) apresentou média de 38,45 g kg^{-1} com valores variando de 9,04 a 212,50 g kg^{-1}. A mediana foi de 28,45 g kg^{-1}, tendo desvio padrão (DP) elevado (35,73), podendo ser indicativo de alta dispersão. A curtose de 14,53 evidencia a presença de valores muito elevados de C, provavelmente advindos do Organossolo avaliado. Por outro lado, o método do dicromato de potássio (DK), apresentou média de 30,85 g kg^{-1} com amplitude de 5,63 a 126,72 g kg^{-1}, mediana de 18,53 g kg^{-1} e desvio padrão de 30,28 g kg^{-1}. Diferentemente da curtose evidenciada nos resultados do TOC, nesse método, foi menor (2,61), indicando distribuição assimétrica (Tabela 1).

A textura dos solos apresentou elevada heterogeneidade: areia variou de 26,27 a 713,26 g kg^{-1} (média de 292,61 g kg^{-1} e DP de 190,74 g kg^{-1}), argila de 124,12 a 752,66 g kg^{-1} (média de 416,63 g kg^{-1}, DP de 165,79 g kg^{-1}) e silte de 128,32 a 489,60 g kg^{-1} (média de 295,15 gkg^{-1}, DP de 92,88 g kg^{-1}). A curtose nesse conjunto de dados, indica menor frequência de valores extremos e maior uniformidade nos dados (Tabela 1).

Em todos os casos, observa-se elevada dispersão nos resultados obtidos após as análises químicas e físicas dos solos estudados (Tabela 1).

No que se refere à comparação dos métodos TOC e DK para a determinação de Corg em solos, considerando a média geral dos resultados, nota-se que ambos não diferiram estatisticamente entre si, com valor de F de 2,29 e valor de p associado de 0,132, superior ao nível de significância de 5% (dados não mostrados). Com o intuito de complementar a ANOVA, aplicou-se o teste de Tukey, que reforçou a equivalência entre os métodos de extração e posterior determinação de Corg (Tabela 1).

Tabela 1. Estatística descritiva contendo os dois métodos de determinação de carbono orgânico.

	TOC	DK	Areia	Argila	Silte
	--- g Kg^{-1} ---		--- mg Kg^{-1} ---		
Média	38,45	30,85	292,61	416,63	295,15
Mediana	28,45	18,53	194,51	440,68	285,75
Mínimo	9,04	5,63	26,27	124,12	128,32
Máximo	212,50	126,72	713,26	752,66	489,60
Curtose	14,53	2,61	-1,03	-0,99	-0,70
DP	35,73	30,28	190,74	165,79	92,88

Comparando os dois métodos com as diferentes classes de solos, verificou-se que, para os Argissolos, Cambissolos, Nitossolos e Neossolos, não houve diferença estatística. Contudo, diferenças significativas foram evidenciadas nos Latossolos, notadamente no Organossolo. Neste último, os teores de Corg determinados pelo TOC foram expressivamente superiores aos obtidos nas diferentes classes de solo em ambos os métodos. Em contrapartida, os determinados nos extratos de DK subestimaram esses teores em relação ao TOC, exceto no Nitossolo em números absolutos (Tabela 2).

Tabela 2. Comparação dos teores de carbono orgânico (Corg) total em diferentes métodos analíticos, considerando classes de solo, grupos de rocha e teor de argila.

Método	Argissolo	Cambissolo	Latossolo	Nitossolo	Neossolo	Organossolo
TOC	31,32 A	42,73 A	23,18 A	31,96 A	20,98 A	212,5 A
$K_2Cr_2O_7$	27,02 A	31,59 A	13,54 B	40,30 A	18,99 A	15,15 B

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de significância

Em relação ao material de origem dos solos estudados, nota-se que para os grupos de rochas ígnea extrusiva, ígnea intrusiva e sedimentar, não houve diferença estatística significativa entre os dois métodos utilizados para a determinação do Corg total na maioria dos solos derivados dessas rochas. Essa diferença foi notada nos solos derivados de rochas metamórficas, em que o método do DK apresentou média significativamente inferior quando comparado ao obtido pelo TOC (Tabela 3). Esse resultado indica que, possivelmente, nesse grupo de solos, o DK pode estar subestimando o Corg.

Tabela 3. Comparação dos teores de carbono orgânico (Corg) total em diferentes métodos analíticos, considerando as rochas formadoras dos solos testados.

Método	Ígnea Extrusiva	Ígnea Intrusiva	Metamórfica	Sedimentar
TOC	41,81 A	39,32 A	35,85 A	22,81 A
$K_2Cr_2O_7$	35,03 A	31,39 A	18,65 B	17,32 A

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de significância

No que se refere à comparação dos diferentes métodos de determinação de Corg total com os diferentes teores de argila, observou-se que para as classes ≤20%, 21–40% e 41–60%, não houve diferença estatística significativa entre os métodos. Porém, nos solos com teores de argila acima de 60% identificou-se diferença estatística nos solos submetidos à extração de Corg pelo método do DK (Tabela 4). Nesse sentido, ficou evidenciado padrões distintos de eficiência entre os métodos de determinação de Corg utilizados neste estudo. As diferenças podem estar relacionadas com as características físico-

químicas de cada classe de solos, que serão discutidas com mais profundidade no tópico a seguir.

Tabela 4. Comparação dos teores de carbono orgânico (Corg) total em diferentes métodos analíticos, considerando as diferentes classes de argila.

Método	≤20%	21-40%	41-60%	>60%
TOC	47,4 A	33,25 A	32,45 A	49,9 A
$K_2Cr_2O_7$	35,42 A	39,43 A	30,02 A	20,42 B

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de significância

A comparação realizada entre os dois métodos de determinação do Corg evidenciou que, independentemente do agrupamento adotado (classe de solo, tipo de rocha ou teor de argila) o método de combustão seca (TOC), em valores absolutos, apresentou valores médios de Corg superiores aos do DK. No entanto, a análise estatística demonstrou que, em todas as comparações, não houve diferença significativa entre os métodos, indicando similaridade entre as metodologias aplicadas em cada solo testado (Tabela 5).

Os maiores teores de Corg obtidos pelo TOC foram observados nos solos com elevados teores de argila (proteção da MO), sendo esse comportamento mais evidenciado na comparação entre os métodos e classes de solos (Tabela 5). A discrepância entre as médias se deve aos elevados teores de Corg obtidos no Organossolo determinados no analisador TOC em relação ao DK (Tabelas 2, 4 e 5).

Tabela 5. Comparação dos teores de carbono orgânico (Corg) total em diferentes métodos analíticos, considerando as diferentes classes de solo e argila e rochas.

Método	Classes de Solos	Rocha	Argila
TOC	60,4 A	34,95 A	40,75 A
$K_2Cr_2O_7$	25,93 A	25,60 A	31,32 A

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de significância

DISCUSSÃO

A análise descritiva dos atributos físico-químicos e químicos dos 44 perfis testados revelou importantes padrões relacionados à variabilidade e à distribuição das variáveis comparadas entre si. No geral, verificou-se que os teores médios de Corg determinados pelos dois métodos (DK e TOC) apresentaram valores elevados de DP, sendo indicativo de uma considerável amplitude de variação entre as amostras avaliadas. Esse comportamento pode estar relacionado com a heterogeneidade natural de cada solo testado, tendo eles diferentes graus de desenvolvimento pedogenético, textura e teores de MO (Tabela 1).

Essa heterogeneidade natural, conforme descrito por Almeida et al. (2003), Paes Sobrinho et al. (2009) e Lunardi Neto e Almeida (2013), está relacionada com a diversidade morfológica, textural e mineralógica nos perfis da Serra Catarinense, com impacto direto sobre a dinâmica do Corg.

A distribuição dos dados e os coeficientes de assimetria e curtose apontaram desvios importantes da normalidade para a variável Corg. Levando-se em consideração essa variável, notou-se a presença de valores muito elevados indicados pela presença de curtose positiva acentuada, como os verificados no Organossolo. Nesse solo, verificou-se que o teor de Corg foi muito superior ao comparado com os obtidos nas outras classes de solos, justificando, nesse caso, o alto desvio padrão observado (Tabela 1).

Ainda em relação à assimetria dos dados, a assimetria positiva, verificada na tabela 1, indicou que os dados se concentraram predominantemente na faixa de valores mais

baixos, enquanto alguns valores muito elevados, verificados no Organossolo, podem ter exercido influência significativa sobre a forma da distribuição, ampliando, assim, a frequência de valores superiores. Esses resultados reforçam a ideia da necessidade de análises estratificadas por classes de solos ou material de origem, dada a influência direta da heterogeneidade pedológica na interpretação dos resultados e eficiência dos dois métodos analíticos testados neste estudo. Resultados similares foram encontrados por Brighenti et al. (2012), que também observaram comportamento assimétrico na distribuição do Corg em solos com elevados teores de MO da região Sul do Brasil, com destaque para os Organossolos.

Em relação à textura do solo, a análise estatística demonstrou ampla variabilidade nos resultados, principalmente nos teores de areia e argila (Tabela 1), tendo implicações diretas tanto na retenção de MO como na eficiência dos métodos analíticos. Dessa forma, solos com elevados teores de argila tendem a proteger fisicamente a MO, dificultando sua oxidação química, podendo ser uma das principais causas verificadas nas diferenças observadas nos métodos do DK e do TOC em determinados grupos de solos. Teske et al. (2013), também observaram menor eficiência do método Walkley-Black em solos argilosos com elevado grau de intemperismo, devido à maior estabilização físico-química da MO.

Essa variabilidade estrutural também foi constatada em um estudo realizado por Lunardi Neto e Almeida (2013), que indicou que a estabilização da MO nos solos avaliados, foi significativamente afetada pelas variações na mineralogia e no teor de argila. Tais características influenciaram diretamente na eficiência dos métodos de quantificação utilizados por esses autores, evidenciando, assim, a necessidade de considerar os atributos físico-químicos do solo na escolha do procedimento analítico.

A ausência de diferença estatística evidenciada na comparação entre os métodos de determinação de Corg pode estar diretamente relacionada e, ou, influenciada pelas características intrínsecas inerentes à cada classe de solos testada neste estudo (Tabela 2). Brighenti et al. (2012) e Paes Sobrinho et al. (2009) analisando solos com diferentes estágios de desenvolvimento e acúmulo de MO em ambientes da região sul e de altitude de Santa Catarina, destacaram os desafios relacionados à correlação entre os métodos

químicos e a real fração orgânica estabilizada. Nesse contexto, estão os Argissolos, Cambissolos, Nitossolos e os Neossolos.

Os Argissolos (textura média a argilosa; horizonte B textural; acúmulo de argila), embora matéria orgânica (MO) tenha uma certa estabilidade, esses solos possuem teores moderados de carbono (C) e uma estrutura que não impede a ação do agente oxidante. Assim, a eficiência do método de DK não é comprometida permitindo a obtenção de resultados similares ao TOC.

Nos Cambissolos (baixa a média evolução; horizontes de transição incipiente e textura variável), essa similaridade ocorre porque a MO nesse solo é, em geral, mais lábil e facilmente oxidável, sem a presença marcante de complexos organo-minerais altamente estabilizados, que poderiam, de alguma forma, afetar a quantificação de C pelos métodos de DK e TOC.

Em suma, nesses dois grupos de solos acima citados, por possuírem teores moderados de argila e MO, além de apresentarem estruturas relativamente bem desenvolvidas, favorecem a eficiência do método químico de oxidação por DK, proporcionando uma quantificação adequada de Corg. A falta de diferença estatística entre os dois métodos nesses solos podem estar relacionados com a menor complexidade dos compostos orgânicos presentes e a maior exposição da MO aos agentes oxidantes e às altas temperaturas nas quais as amostras foram submetidas no momento da sua quantificação pelo TOC.

Nos Nitossolos (fortemente intemperizados; elevada coesão estrutural: estrutura firme, compacta e agregada; matriz firme compacta teores significativos de argila), a MO tende a estar menos protegida fisicamente quando comparada aos mais argilosos, como os Latossolos. Como nesses solos a MO está mais uniformemente dispersa na matriz do solo (MO menos recalcitrante; menor complexidade química; mais homogeneamente distribuída na matriz), sem a formação expressiva de complexos organo-minerais extremamente estáveis ou zonas de proteção intensa, ela está mais acessível (não está fortemente protegida ou encapsulada pelos agregados), distribuída de forma menos segregada e menos protegida pelas partículas minerais, facilitando, assim, a ação oxidante

do DK. Dessa forma, a quantificação realizada pelo DK tendeu a ser representativa e próxima dos valores obtidos pelo TOC.

Nos Neossolos, caracterizados por serem pouco evoluídos, com reduzida capacidade de retenção de MO e teores relativamente baixos de argila, a MO presente tende a estar pouco estabilizada (mais lábil), sendo facilmente acessível aos agentes oxidantes. Além disso, como podem ter textura arenosa ou franca (baixos teores de argila e predomínio de frações minerais mais grosseiras), favorece não apenas a ação química de oxidantes como também de processos térmicos envolvidos na determinação direta do carbono pelo método do TOC. Nesse sentido, o DK provavelmente conseguiu oxidar eficientemente o Corg, resultando na equivalência estatística com o método do TOC.

Por outro lado, constatou-se diferenças significativas entre os dois métodos testados nos Latossolos e no Organossolo testados. Essas também podem, como relatado para os anteriores, estar relacionadas com as características intrínsecas inerentes à essas duas classes de solos.

Nos Latossolos, ficou evidenciado a subestimação dos teores de Corg quantificados pelo método DK quando comparado ao TOC. Essa diferença pode ser ocasionada tanto pelas características físico-químicas (textura muito argilosa, elevada concentração de óxidos de Fe e Al) quanto pelo forte intemperismo desses solos, que podem promover a formação de complexos organo-minerais altamente estáveis, protegendo fisicamente a MO, dificultando sua completa oxidação pelo DK. Nesse caso, pode-se sugerir que o referido método pode não ter sido capaz (limitação do método) de quantificar todo o Corg presente na amostra, ao contrário do TOC.

Em contrapartida, para o Organossolo, houve maior discrepância entre os resultados de Corg, chegando a ser 3,2 vezes maior no TOC em relação ao DK (Tabela 2). Pode-se, portanto, aventar que, esse último, subestimou expressivamente os teores de Corg quando comparado com o TOC. Isso pode estar relacionado com os elevados teores de MO presentes nesse grupo de solos. Sendo esta acumulada em condições hidromórficas, proporcionando baixa decomposição. A MO nesse tipo de solo apresenta alta complexidade molecular, elevada estabilidade (compostos complexos e recalcitrantes, como ácidos húmicos e fúlvicos), presença de compostos macromoleculares, que

conferem grande resistência à oxidação química, dificultando a ação oxidante, ou seja, a eficiência do DK. Por outro lado, o método do TOC, baseado na combustão analítica à temperatura elevada, mostrou-se mais eficiente na quantificação do Corg presente no solo avaliado neste estudo.

Ainda sobre o Organossolo (caracterizado por condições de clima altomontano e acúmulo expressivo de MO de difícil degradação), a superioridade do TOC em relação ao DK nesse solo, pode ser explicada pela combustão térmica completa (total) do C obtida no primeiro método. Nesse método, ocorre a oxidação completa e, de certa forma, indiscriminada de todas as frações orgânicas, independentemente de seu grau de estabilidade ou de suas associações organo-minerais, sendo capaz de quantificar, com precisão, tanto as frações lábeis quanto às mais estáveis da MO. Pode-se, portanto, conjecturar, nessas condições, que esse método supera as limitações impostas pela proteção físico-química típica da MO presente na referida classe de solo, garantido uma determinação mais completa e acurada do Corg total nesses ambientes.

A comparação entre os métodos do DK e do TOC com os materiais de origem (rochas ígneas extrusivas e intrusivas, metamórficas e sedimentares), evidenciou que as características mineralógicas e texturais inerentes à cada tipo de rocha podem ter tido papel crucial na eficiência de cada um deles (Tabela 3).

Nesse sentido, nos solos derivados de rochas extrusivas e intrusivas, evidenciou-se que, ambos os métodos, quantificaram teores de C estatisticamente similares (Tabela 3). Esse comportamento pode ser explicado pela mineralogia da fração argila presente nesses materiais de origem, que resultou solos com teores moderados de argila e MO, além da distribuição relativamente homogênea da fração orgânica na matriz do solo. A eficiência dos métodos, no que tange à determinação dos teores de C presentes nas classes de solos desenvolvidas nessas rochas. pode estar relacionada com a menor complexidade e estabilização da MO, favorecendo a eficiência da oxidação química pelo DK, permitindo resultados comparáveis aos obtidos pelo TOC (mais sensível).

Nos solos derivados de rochas sedimentares, verificou-se a similaridade (não diferiram estatisticamente) entre os métodos (Tabela 3). Esse comportamento pode estar relacionado com a mineralogia pouco complexa desses solos, em que se tem a dominância

de minerais primários estáveis como o quartzo e com menor presença de minerais secundários ou óxidos capazes de promover proteção físico-química à MO (Teske et al., 2013). Além disso, a textura tende a ser arenosa ou franca, com baixos teores de argila (menor presença de microporos e superfícies reativas). Diante disso, presume-se que a MO ficou mais exposta e, ou, acessível aos métodos analíticos empregados para a determinação dos teores de C nos solos derivados dessas rochas. Esses resultados evidenciam que o DK foi capaz de quantificar adequadamente o Corg sem subestimar seus teores em relação ao TOC.

Diferentemente do que ocorreu com os grupos de rochas relatados anteriormente, diferenças estatísticas significativas foram constatadas nos solos oriundos de rochas metamórficas, com o método do TOC apresentando teores bem superiores aos obtidos pelo DK (Tabela 3). Essas diferenças, se devem provavelmente às características mineralógicas e estruturais inerentes a solos formados a partir desse material de origem. Essas rochas, notadamente àquelas com elevado grau de recristalização, tendem a originar solos com maior desenvolvimento de agregados finos, com maior conteúdo de argila e com a presença de minerais secundários capazes de promover interações físico-químicas com a MO. Essas características favorecem tanto a formação de complexos organo-minerais estáveis quanto à proteção física da MO, dificultando a ação do DK tendo, como consequência, a possível subestimação dos teores de Corg por esse método.

Ainda em relação ao grupo de solos originados pelas rochas metamórficas, pode-se conjecturar que a maior heterogeneidade textural e mineralógica associada aos solos metamórficos pode ter contribuído com a estabilização diferencial das frações orgânicas, criando compartimentos menos acessíveis ao agente oxidante. Considerando o exposto, pode-se afirmar que o método de quantificação pelo analisador TOC, ao promover oxidação completa e indiscriminada de todas as frações de Corg se destaca por sua maior sensibilidade e capacidade de detecção, que conferiu esse método maior eficácia quando comparado ao do DK nesses ambientes pedológicos de certa forma mais complexos.

Os elevados teores de Corg verificados, notadamente em valores absolutos na comparação entre os métodos com os teores de argila e nas classes de solo (Tabela 5), se devem, como relatado anteriormente, provavelmente à maior sensibilidade

do método de combustão seca (TOC) em relação ao do DK em acessar o Corg tanto protegido pela argila como a MO mais estável, ambos associados com a mineralogia de cada solo. Essa interpretação é corroborada por estudos anteriores, como os de Lunardi Neto e Almeida (2013), Brighenti et al. (2012) e Sato et al. (2014), que associaram a subestimação do DK à presença de gibbsita e à complexidade dos argilominerais.

Embora a análise estatística tenha demonstrado semelhanças entre os métodos em algumas situações, especialmente em solos com menores teores de Corg (Tabela 5), o método químico mostrou-se limitado frente à heterogeneidade pedológica observada. Estudos desenvolvidos por Grahmann et al. (2023) e Tokura et al. (2024) alertam para a importância da padronização metodológica em séries temporais e da calibração entre métodos. Rocci et al. (2024), destaca a interação entre propriedades físico-químicas do solo e a dinâmica da MO como fatores determinantes para a eficiência analítica dos métodos avaliados.

Em suma, considerando os resultados obtidos neste estudo, no que tange à eficiência dos métodos de determinação do Corg total, verificou-se que todos foram diretamente influenciados pelo material de origem e pelas características físico-químicas inerentes a cada classe de solo avaliada neste estudo. Nos solos formados a partir de rochas ígneas extrusivas e intrusivas, bem como de sedimentares, ambos os métodos tiveram desempenho equivalente, podendo ser utilizados na quantificação dos teores de Corg em solos derivados desse grupo de rochas. Em contrapartida, em solos derivados de rochas metamórficas, em que a mineralogia e a estrutura promovem maior estabilização físico-química da MO, observou-se subestimação sistemática dos teores de Corg pelo DK. Nesse caso, recomenda-se o método do TOC que demonstrou maior sensibilidade e precisão analítica.

Alguns estudos anteriormente publicados comparando a eficiência relativa entre os métodos DK e combustão seca (TOC CNHS/O), também concluíram que o desempenho desses métodos está diretamente relacionado com as características físico-químicas dos solos avaliados, notadamente quanto à textura, mineralogia e estabilização da MO. Nos parágrafos subsequentes, serão abordados, resumidamente, cada um deles.

Comparando seis métodos de quantificação de Corg (Walkley-Black, Mebius: combustão úmida com aquecimento; colorimétrico; gravimétrico: perda por ignição 5h por 450°C e 6h a 600°C e combustão seca) em 54 amostras de solos do cerrado brasileiro com mineralogia e texturas distintas, Sato et al. (2014), constataram subestimação dos teores de Corg nos métodos Walkley-Black, Mebius e colorimétrico, enquanto o da perda por ignição, superestimou. Essa superestimação, segundo os autores, deveu-se à perda de água por hidratação de minerais como a gipsita e à decomposição de constituintes inorgânicos. A eficiência analítica foi afetada pela mineralogia (presença de óxidos) e argila.

Com o objetivo de comparar três métodos (oxidação por dicromato com e sem aquecimento, perda de ignição e da combustão seca) de determinação de Corg e frações húmicas em 17 solos brasileiros, Fernandes et al. (2015), relataram que o método do dicromato com aquecimento foi mais eficaz, enquanto a perda por ignição superestimou o COT. Além disso, concluíram que o método Walkley-Black subestimou as frações húmicas, principalmente a humina. A conclusão deste estudo, corrobora com a limitação do DK evidenciada especialmente no Organossolo testado no presente artigo científico, sendo esta causada possivelmente pela presença de frações mais estáveis de MO nessa classe de solos e reforça a superioridade do TOC.

Ramamoorthy e Meena (2018) compararam em seu estudo os métodos Walkley-Black e o de combustão total em analisador elementar (CHNS/O) - elevada temperatura 900 a 1200°C - na determinação de carbono orgânico total (COT) em solos calcários da China e constataram que, o primeiro, subestimou os teores de Corg, notadamente nos solos com elevada concentração de carbonatos. Já, o segundo, foi considerado o método mais indicado para os tipos de solos avaliados. Os resultados encontrados por esses autores vão ao encontro aos obtidos neste estudo, no que tange à eficiência de quantificação do Corg, sobretudo em solos com elevada estabilização organo-mineral, como no Organossolo avaliado. Além disso, a presença de carbonatos, a complexidade físico-química dos solos muito argilosos e intemperizados, também dificultou a ação oxidante do DK.

Rocci et al. (2024) com o intuito de revisar duas décadas de avanços conceituais sobre a dinâmica da matéria orgânica do solo, destacaram a transição de um modelo baseado na

recalcitrância química para outro centrado nas interações físico-biológicos, notadamente a estabilização organo-mineral. Nessa revisão foram identificados seis controles críticos relacionados com a regulação, formação, estabilização e perda da MO sendo estes inacessibilidade física, estabilização organo-mineral, fatores abióticos, diversidade bioquímica, fisiologia microbiana e a biodegradabilidade das entradas. Esses conceitos apresentados por esses autores explicam, de certa maneira, as diferenças encontradas entre os dois métodos testados neste estudo, particularmente no que se refere à limitação do método com a utilização do DK em oxidar frações de MO fisicamente protegidas em contraste com a maior eficiência do TOC.

Em síntese, além dos estudos científicos acima elencados, outros desenvolvidos por Swickrath (2012), Bahadori e Tofighi (2016), Cara (2022), Gramann et al. (2023), Hossain et al. (2023), Li et al. (2024), Tokura et al. (2024), Narayanan et al. (2025), Sousa et al. (2025), Zamora-Ledezma et al. (2025) relatam que a eficiência dos métodos utilizados na determinação dos teores de Corg em amostras de solos depende, principalmente, da textura, mineralogia e teor de MO. Ainda, destacam a eficiência do método de combustão seca em relação à úmida, notadamente nos solos em que a MO encontra-se mais estável (estabilização organo-mineral). Além disso, reforçam a ideia de que o método Walkley-Black não deve ser considerado um método de referência sem as devidas correções ou complementações - aplicação de fatores de correção apropriados para melhorar a precisão dos resultados -, especialmente em solos com elevados teores de MO, como o Organossolo, analisado neste estudo.

Em suma, esses estudos reforçam que, embora o método com DK seja amplamente utilizado em laboratórios de rotina e, ou, pesquisa, sua aplicação em ambientes com elevada complexidade pedológica, requer cautela e, preferencialmente, complementação ou substituição pelo método de combustão seca, que oferece maior precisão e robustez analítica, alinhando-se às melhores práticas científicas e ambientais atualmente recomendados.

Ainda em relação ao método do DK, Rocha Junior et al. (2025), com o intuito de minimizar os impactos ambientais associados ao tradicional uso do DK, propuseram um novo método espectrofotométrico fundamentado na oxidação com permanganato de

potássio. Esse método foi testado em solos das classes dos Latossolos, Argissolos, Neossolos, Organossolos, Cambissolos e Nitoddolos, todos caracterizados por significativa heterogeneidade textural e mineralógica. Os resultados obtidos com o permanganato de potássio foram comparáveis aos do método tradicional (DK), mostrando-se eficaz nas diferentes classes de solos testadas.

Nessa mesma linha de pesquisa, Souza et al. (2025) ressaltaram a necessidade de validação adicional do método com permanganato de potássio para ampla adoção dessa técnica em laboratórios de rotina, principalmente quando considerada a complexidade pedológica dos solos tropicais. Ambos os autores relataram que, até o momento, a metodologia de combustão a seco (TOC) permanece como referência precisa do Corg, notadamente em solos com elevada estabilização da MO, como o Organossolo avaliado neste estudo.

Considerando os resultados obtidos neste estudo, sugere-se a necessidade de uma escolha metodológica criteriosa para a determinação do Corg em solos, particularmente em ambiente com elevada complexidade pedológica, como os Organossolos e Latossolos analisados. Embora o DK seja o método amplamente utilizado em laboratórios de rotina e, ou, pesquisa, dependendo da classe de solo testada, apresenta algumas limitações metodológicas, necessitando de métodos mais precisos e robustos como a combustão seca (TOC).

Finalmente, reforça-se a ideia do desenvolvimento de métodos alternativos e sustentáveis, por exemplo o do permanganato de potássio, que parece ser promissor. No entanto, necessita-se de mais estudos para sua validação. Novos métodos devem ser criados com o intuito de conciliar precisão analítica, segurança ambiental e economicidade.

CONCLUSÕES

O método referente ao analisador de Corg (TOC) apresentou maior sensibilidade e acurácia na quantificação do Corg, notadamente em solos com elevados teores de Corg, como os Organossolos.

O método do DK, apesar de amplamente utilizado, subestimou os teores de Corg em solos bem intemperizados ou com elevada estabilização da MO, evidenciando limitações analíticas em solos com essas características físico-químicas.

A eficiência de ambos os métodos foi diretamente influenciada pelas características físico-químicas dos solos, principalmente textura e graus de humificação.

Os dois métodos, mesmo com limitações inerentes a cada um deles, não diferiram estatisticamente entre si na determinação dos teores de Corg. Ambos apresentaram comportamento semelhante na quantificação do Corg dos solos testados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAHAM, Joshua. Organic carbon estimations in soils: Analytical protocols and their implications. *Rubber Science*, v.26, n.1, p.45–54, 2013.

ALMEIDA, J. A.; TORRENT, J.; BARRÓN, V. Cor de solo, formas do fósforo e adsorção de fosfatos em Latossolos desenvolvidos de basalto do extremo-sul do Brasil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 27, p. 985–1002, 2003.

ALMEIDA, J.A., CORRÊA, J., SCHMITT, C. Clay Mineralogy of Basaltic Hillsides Soils in the Western State of Santa Catarina. Rev. Bras. Ciênc. Solo, v.42, p.1-17, 2018. doi: https://doi.org/10.1590/18069657rbcs20170086.

ALOVISI, A. M. T.; VILLALBA, L. A.; SOARES, M. S. P.; TOKURA, W. I.; LIMA, N. D.; KAI, P. M.; ALVES, J. C. Comparison of determination methods total organic carbon in the soil. *Revista de Gestão Social e Ambiental*, Miami, v.18, n.7, p.1–16, 2024. DOI: https://doi.org/10.24857/rgsa.v18n7-093.

BAHADORI, M; TOFIGHI, H. A modified Walkley-Black method based on spectrophotometric procedure. Communications in Soil Science and Plant Analysis, v. 47, n.2, p.213-220, 2016.

BRIGHENTI, I.; ALMEIDA, J. A.; HOFER, A. Mineralogia e gênese de Argissolos das Serras do Tabuleiro/Itajaí, Estado de Santa Catarina. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 36, p. 1057–1071, 2012.

CHATTERJEE, A.; LAL, R.; WIELOPOLSKI, L.; MARTIN, M. Z.; EBINGER, M. H. Evaluation of different soil carbon determination methods. *Critical Reviews in Plant Sciences* v.28, p.164–178, 2009. DOI: 10.1080/07352680902776556 Acesso em: 31 maio 2025.

CARA, T. F. Estudo comparativo entre os métodos Walkley & Black e colorimétrico para análise de carbono orgânico no solo: uma revisão bibliográfica. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Química) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2022.

CORREA, J. Mineralogia e Gênese das principais classes de solos de encostas basálticas. Lages: Universidade do Estado de Santa Catarina, 2003.

COSTA, A. et al. Pedotransfer functions to estimate retention and availability of water in soils of the state of Santa Catarina, Brazil. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.37, p-889-910, 2013. doi: https://doi.org/10.1590/S0100-06832013000400007.

DIAS, F. O.; BONFIM, H. S.; BOMBARDELLI, J.; MATOS, G. B. C. Análise bibliométrica da produção científica sobre créditos de carbono (2012-2021). *Revista de Gestão Social e Ambiental*, v. 17, n. 1, p. 1-18, 2023. DOI: https://doi.org/10.24857/rgsa.v17n1-026 Acesso em: 31 maio 2025.

DONG, S. K.; SHANG, Z. H.; GAO, J. X.; BOONE, R. B. Enhancing sustainability of grassland ecosystems through ecological restoration and grazing management in an era of climate change on Qinghai-Tibetan Plateau. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, v.287, 106684, 2020.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. *A protocol for measurement, monitoring, reporting and verification of soil organic carbon in agricultural landscapes – GSOC-MRV protocol*. Rome: FAO, 2020. DOI: https://doi.org/10.4060/cb0509en. Acesso em: 31 maio 2025.

FERNANDES, R. B. A.; CARVALHO JUNIOR, I. A.; RIBEIRO JUNIOR, E. S.; MENDONÇA, E. S. Comparison of different methods for the determination of total organic carbon and humic substances in Brazilian soils. *Revista Ceres*, Viçosa, v. 62, n. 5, p. 96–501, set./out. 2015.

FERREIRA, E. R. N. C. Química e mineralogia de solos desenvolvidos de rochas alcalinas e ultrabásicas do Domo de Lages. Lages: Universidade do Estado de Santa Catarina, 2013.

GUO, L.; LINDERMAN, M.; SHI, T. Z.; CHEN, Y. Y.; DUAN, L. J.; ZHANG, H. T. Exploring the sensitivity of sampling density in digital mapping of soil organic carbon and its application in soil sampling. *Remote Sensing*, v.10, 888, 2018.

GRAHMANN, K.; JANDL, R.; KLEIN, T.; ZECHMEISTER-BOLTENSTERN, S.; HAGER, H. The dilemma of analytical method changes for soil organic carbon in long-term field experiments. *European Journal of Soil Science*, v.74, n.3, e13362, 2023. DOI: https://doi.org/10.1111/ejss.13362 . Acesso em: 31 maio 2025.

GRAHMANN, K.; TERRA, J. A.; ELLERBROCK, R.; RUBIO, V.; BARRO, R.; CAAMAÑO, A.; QUINCKE, A. *Data accuracy and method validation of chemical soil properties in long-term experiments: Standard operating procedures for a non-certified soil laboratory in Latin America*. Geoderma Regional, v. 28, e00487, 2022. DOI: https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2022.e00487. Acesso em: 31 maio 2025.

HOSSAIN, S. A.; MAZRIN, M.; HABIB, Md. H. Determination of organic carbon of soil by the Walkley & Black method. *ResearchGate*,, Sept. 2023. Disponível em: https://doi.org/10.13140/RG.2.2.32699.80162/1. Acesso em: 31 maio 2025.

JHA, P.; BISWAS, A. K.; LAKARIA, B. L.; SAHA, R.; SINGH, M.; RAO, A. S. Predicting total organic carbon content of soils from Walkley and Black analysis. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, v.45, n.6, p.713–725, 2014. DOI:

https://doi.org/10.1080/00103624.2013.874023. Acesso em: 31 maio 2025.

LI, T.; CUI, L.; KUHNERT, M.; McLAREN, T. I.; PANDEY, R.; LIU, H.; WANG, W.; XU, Z.; XIA, A.; DALAL, R. C.; DANG, Y. P. A comprehensive review of soil organic carbon estimates: integrating remote sensing and machine learning technologies. *Journal of Soils and Sediments*, v.24, p.3556–3571, 2024. DOI: https://doi.org/10.1007/s11368-024-03913-8. Acesso em: 31 maio 2025.

LORIA, N.; LAL, R.; CHANDRA, R. Handheld in situ methods for soil organic carbon assessment. *Sustainability*, Basel, v.16, n.13, 5592, 2024. DOI: https://doi.org/10.3390/su16135592. Acesso em: 31 maio 2025.

LUNARDI NETO, A.; ALMEIDA, J. A. A. Caracterização morfológica e química de Argissolos com horizontes subsuperficiais escurecidos em Santa Catarina. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, Lages, v. 12, n. 2, p. 294–303, 2013.

MAYER, M.; PRESCOTT, C. E.; ABAKER, W. E. A.; AUGUSTO, L.; CECILLON, L.; FERREIRA, G. W. D.; JAMES, J.; JANDL, R.; KATZENSTEINER, K.; LACLAU, J. P.; LAGANIERE, J.; NOUVELLON, Y.; PARE, D.; STANTURF, J. A.; VANGUELOVA, E. I.; VESTERDAL, L. Tamm Review: Influence of forest management activities on soil organic carbon stocks: A knowledge synthesis. *Forest Ecology and Management*, v.466, 118127, 2020.

MEERSMANS, J.; VAN WESEMAEL, B.; VAN MOLLE, M. Determining soil organic carbon for agricultural soils: a comparison between the Walkley & Black and the dry combustion methods (north Belgium). *Soil Use and Management*, Oxford, v.25, n. 4, p.346–353, 2009. DOI: 10.1111/j.1475-2743.2009.00242.x . Acesso em: 31 maio 2025.

MINASNY, B.; MALONE, B. P.; McBRATNEY, A. B.; ANGERS, D. A.; ARROUAYS, D.; CHAMBERS, A.; CHAPLOT, V.; CHEN, Z. S.; CHENG, K.; DAS, B. S.; FIELD,

D. J.; GIMONA, A.; HEDLEY, C. B.; HONG, S. Y.; MANDAL, B.; MARCHANT, B. P.; MARTIN, M.; McCONKEY, B. G.; MULDER, V. L.; WINOWIECKI, L. Soil carbon 4 per mille. *Geoderma*, v.292, p.59-86, 2017. DOI: https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2017.01.002. Acesso em: 31 maio 2025.

NAIR, P. R.; KUMAR, B. M.; NAIR, V. D. Carbon sequestration and climate change mitigation: four decades of scientific developments. In: NAIR, P. R.; KUMAR, B. M.; NAIR, V. D. *An introduction to agroforestry*, 2021. p. 487–537. DOI: 10.1007/978-3-030-75358-0_20 Acesso em: 31 maio 2025

NARAYANAN, A.; DANG, Y.; LEE, J.; MAZAC, A.; DENG, J.; RUIZ, M. E.; FALCÃO, N. P. S.; MINASNY, B.; SHI, Z.; HUANG, J.; RAMESH, T.; MCBRATNEY, A. B. *Assessing methodological uncertainties and harmonization requirements for soil organic carbon data across global datasets*. *Earth System Science Data*, v.17, n.3, p.1049–1071, 2025. DOI: https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2024.105752. Acesso em: 31 maio 2025

NETO, J. F. *Desenvolvimento de metodologia para determinação de matéria orgânica do solo por análise de imagens*. 2015. 85 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Lages, 2015.

PAES SOBRINHO, J. B.; ALMEIDA, J. A.; ERHART, J. Mineralogia, propriedades químicas e classificação de solos das Serras do Leste Catarinense. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, Lages, v.8, n.1, p.9–24, 2009.

RAMAMOORTHI, V.; MEENA, S. Quantification of soil organic carbon – comparison of wet oxidation and dry combustion methods. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* , v.7, n.10, p.146–154, 2018. DOI: https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.710.016 . Acesso em: 31 maio 2025.

ROCCI, K. S.; COTRUFO, M. F.; ERNAKOVICH, J.; FOSTER, E.; FREY, S.; GEORGIOU, K.; GRANDY, A. S.; MALHOTRA, A.; REICH, P. B.; SCHLERMAN, E. P.; WIEDER, W. R. Bridging 20 years of soil organic matter frameworks: empirical support, model representation, and next steps. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, v.129, e2023JG007504, 2024. DOI: https://doi.org/10.1029/2023JG007964 . Acesso em: 31 maio 2025.

ROSINI, D. N. *Valores de referência para elementos-traço em solos de Santa Catarina como suporte À legislação e educação ambiental*. 2024. 135f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Lages, 2024.

SATO, J. H.; FIGUEIREDO, C. C. de; MARCHÃO, R. L.; MADARI, B. E.; BENEDITO, L. E. C.; BUSATO, J. G.; SOUZA, D. M. Methods of soil organic carbon determination in Brazilian savannah soils. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v.71, n.4, p.302–

308, jul./ago. 2014. DOI: http://dx.doi.org/10.1590/0103-9016-2013-0306 . Acesso em: 31 maio 2025.

SOUSA, É. B.; NETTO-FERREIRA, J. B.; BARRA, C. M.; ROCHA JUNIOR, J. G.; OLIVEIRA, I. A. F.; OLIVEIRA, R. C.; COELHO, A. I. R.; MELLO, V. C. Sustainable Wet Method for Determination of Total Organic Carbon in Soils Using Potassium Permanganate as a Substitute for Potassium Dichromate. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, Short Communication, v.25, p.322–330, 2025. DOI: https://doi.org/10.1007/s42729-024-02135-8. Acesso em: 31 maio 2025.

SOUSSANA, J.-F.; LUTFALLA, S.; EHRHARDT, F.; ROSENSTOCK, T.; LAMANNA, C.; HAVLÍK, P.; RICHARDS, M.; CHOTTE, J.-L.; TORQUEBIAU, E.; CIAIS, P. Matching policy and science: rationale for the '4 per 1000 - soils for food security and climate' initiative. *Soil & Tillage Research*, v.188, p.3–15, 2019. DOI: https://doi.org/10.1016/j.still.2017.12.002. Acesso em: 31 maio 2025.

SOUZA, W. S.; SILVA, P. C.; CUNHA, J. G.; ALVES, M; A. A.; SENA, J. P.; HOLANDA NETO, M. R. Biomassa e atividade microbiana do solo em diferentes sistemas de manejo no Cerrado Piauiense. *Revista de Gestão Social e Ambiental*, v.18, n.1, e04807. 2024. https://doi.org/10.24857/rgsa.v18n1-097

SWICKRATH, M. J.; ANDERSON, M.; McMILLIN, S.; BROERMAN, C. Application of commercial non-dispersive infrared spectroscopy sensors for sub-ambient carbon dioxide detection. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENVIRONMENTAL SYSTEMS, v.42, 2012, San Diego. *Proceedings...* San Diego: American Institute of Aeronautics and Astronautics, DOI: https://doi.org/10.2514/6.2012-3454 Acesso em: 31 maio 2025.

SHAMRIKOVA, E. V.; KONDRATENOK, B. M.; TUMANOVA, E. A.; VANCHIKOVA, E. V.; LAPTEVA, E. M.; ZONOVA, T. V.; LU-LYAN-MIN, E. I.; DAVYDOVA, A. P.; LIBOHOVA, Z.; SUVANNANG, N. Transferability between soil organic matter measurement methods for database harmonization. Geoderma, v. 412, p. 115646, 2022.

SCHUMACHER, B. A. *Methods for the determination of total organic carbon (TOC) in soils and sediments*. Las Vegas: Ecological Risk Assessment Support Center, Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency (ERASC), 2002.

SOLLY, E. F.; WEBER, V.; ZIMMERMANN, S.; WALTHERT, L.; HAGEDORN, F.; SCHMIDT, M. W. I. A critical evaluation of the relationship between the effective cation exchange capacity and soil organic carbon content in Swiss forest soils. *Frontiers in Forests and Global Change*, v.3, p.98, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.3389/ffgc.2020.00098 . Acesso em: 31 maio 2025.

SOUSA, É. B. de; NETTO-FERREIRA, J. B.; BARRA, C. M.; CUNHA, A. C.; OLIVEIRA, L. A. R.; RODRIGUES, D. M.; ARAÚJO, E. C. E.; LIMA, A. L. Sustainable

wet method for determination of total organic carbon in soils using potassium permanganate as a substitute for potassium dichromate. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, v.25, p.322–330, 2025. DOIm: https://doi.org/10.1007/s42729-024-02135-8. Acesso em: 1 jun. 2025.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. *Análises de solo, plantas e outros materiais.* 2.ed. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p. (Boletim Técnico, 5).

TESKE, R.; ALMEIDA, J. A. A.; HOFFER, a.; LUNARDI NETO, A. Caracterização química, física e morfológica de solos derivados de rochas efusivas no Planalto Sul de Santa Catarina, Brasil. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, Lages, v. 12, n. 2, p. 175–186, 2013.

WALKLEY, A.; BLACK, I. A. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, Baltimore, v. 37, n. 1, p. 29–38, 1934.

XUE, B.; HUANG, L.; HUANG, Y.; YIN, Z.; LI, X.; LU, J. Effects of organic carbon and iron oxides on soil aggregate stability under different tillage systems in a rice–rape cropping system. *Catena*, [S.l.], v. 177, p. 1–12, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.catena.2019.01.035. Acesso em: 31 maio 2025.

ZAMORA-LEDEZMA, E.; MACÍAS PRO, M.; JARRE CASTRO, E.; VERA VÉLEZ, J.; BRIONES SALTOS, R.; VÉLEZ VELÁSQUEZ, J.; LOOR DUEÑAS, R.; SALAS MACIAS, C.; PACHECO GIL, H. Advancing carbon quantification: a comparative evaluation of gravimetric and volumetric methods for soil carbon assessment in tropical ecosystems. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, v.5, 100361, 2025. DOI: https://doi.org/10.1016/j.rineng.2025.104141 . Acesso em: 31 maio 2025.

Professora Doutora Mari Lúcia Campos

Departamento de Solos e Recursos Naturais

Universidade do Estado de Santa Catarina

Centro de Ciências Agroveterinárias