

Efeito priming e espectroscopia NIR-VIS para avaliar adição de fontes orgânicas e mineral no solo ⁽¹⁾

Glauter Henrique Sotero Martins ⁽²⁾; Juliana Junqueira Pedras Cabral⁽³⁾; Renan Camilo Brites Silva ⁽⁴⁾; Rosângela Straliozzo ⁽⁵⁾; Fabiano de Carvalho Balieiro ⁽⁶⁾.

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos do CNPq e da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - ⁽²⁾ Graduando em Engenharia Química pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, bolsista da Embrapa. ⁽³⁾ Graduada em Ciências Biológicas Licenciatura pela Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro. ⁽⁴⁾ Graduando em Geologia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, bolsista PIBIC/CNPq. ⁽⁵⁾ Pesquisador(a), Embrapa Solos. ⁽⁶⁾ Pesquisador(a), Embrapa Solos.

Resumo – Este estudo, de médio prazo (1-2 anos), pretende avaliar as mudanças nos compartimentos lábeis e estáveis da matéria orgânica do solo, bem como contribuir para evolução de ferramentas de detecção da quantidade e qualidade de carbono do solo, de áreas que tiveram aplicação de diferentes resíduos orgânicos ou organominerais. Diferentes fontes e doses de carbono foram incorporadas a um Cambissolo catalisando taxas de incremento da humificação. Espectros das misturas nas diferentes doses foram coletados em infravermelho próximo. Resultados preliminares demonstram potencial da técnica em segregar os resíduos assim que adicionados ao solo. Há expectativa de que essas diferenças diminuam com o tempo. Semestralmente pretende-se adquirir novos espectros e realizar o fracionamento físico das amostras para entender a sensibilidade da técnica na detecção de fontes diferenciadas de C e o impacto destes nos estoques e qualidade do C das frações.

Palavras-Chave: priming effect; Plano ABC+; estoque de C do solo; sequestro de C pelo solo.

Introdução

A agropecuária é um importante motor da riqueza econômica brasileira. A partir de seus diferentes segmentos, o agronegócio representa cerca de 27,4% do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro (CEPEA, 2022).

Decorrente dessas atividades, resíduos orgânicos diversos passam a representar fontes de matéria prima para produção de combustíveis, insumos químicos e energia. Apenas as agroindústrias de cana-de-açúcar, arroz, mandioca, trigo, citrus, coco e material graminóide oriundo da produção de sementes de gramíneas geram, juntos, 597 toneladas de resíduos anualmente (Ferreira-Leitão et al., 2020). Embora boa parte desses resíduos ainda sejam descartadas em aterros, sem uso mais nobre, o fortalecimento de cadeias emergentes de produção de insumos organominerais tem sido estimulado pelo Plano Nacional de Fertilizantes (PNF, 2021) de forma a tornar o país menos dependente das exportações de insumos minerais, ao mesmo tempo que estimulam a economia circular no agronegócio brasileiro e a melhoria da qualidade de solos marginais.

A entrada de diferentes materiais orgânicos ao solo pode afetar positiva ou negativamente a matéria orgânica nativa do solo, sendo esse efeito chamado *priming effect* (Kuzyakov et al., 2000). Sob aspecto ecológico e agrônômico, o efeito *priming* negativo é mais interessante na medida em que minimiza perdas de C nativo, com possibilidades (também) de incremento dos estoques de C oriundos das mudanças proporcionadas pela entrada de material orgânico e o tamanho/quantidade da biomassa microbiana construída com tal alteração de manejo. Assim, estudos que demonstram como diferentes resíduos afetam a matéria orgânica do solo (MOS) são importantes quando se pretende melhorar as propriedades físicas e químicas do solo, e seus estoques de C.

Este estudo, de médio prazo (1-2 anos), pretende avaliar as mudanças nos compartimentos lábeis e estáveis da MOS, bem como contribuir para evolução de ferramentas de detecção da quantidade e qualidade de C do solo, de áreas que tiveram aplicação de diferentes resíduos orgânicos ou organominerais. Pretende-se contribuir com o Plano ABC+ (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono) (BRASIL, 2021) que tem como objetivo financiar produtores interessados na adoção de práticas agrícolas que promovam a manutenção ou incremento do C no solo. Como a análise de C do solo destas áreas é obrigatória, em fases de monitoramento das áreas auditáveis pretende-se

contribuir com o avanço do uso da espectroscopia do Infravermelho próximo e visível (Vis-NIR), na detecção da qualidade e quantidade do C do solo.

A espectroscopia baseada no Vis-NIR é uma das técnicas alternativas mais promissoras para serem utilizadas em análises rotineiras de solo preconizada pela química verde, uma vez que esta técnica é considerada rápida, não destrutiva, requer mínimo ou nenhum tratamento amostral, além de considerável redução na geração de resíduos químicos e trabalho (Souza, 2014; de Santana et al., 2021). Esse trabalho apresenta resultados preliminares com o uso de equipamento portátil, porém com uma faixa espectral mais restrita que vai de 900 até 1700nm. Já é possível fazer análises confiáveis e precisas pela tecnologia vis-NIR e quantificar o C total e estocado em faixas espectrais mais amplas que vão de 780 a 2500nm (SPEC SOLO, 2018)

Material e Métodos

Amostras de solo e resíduos orgânicos incorporados

Amostras de Cambissolo (0-20cm) sob pastagem antiga (mais de 30 anos com *Brachiaria* (Syn. *Urochloa brizantha*) e representativa das encostas do Médio Vale Paraíba do Sul foram coletadas na Fazenda Santa Mônica, município de Valença, RJ. Aproximadamente 70 kg de solo foram secos ao ar e peneirados (<4mm) para retirada do material orgânico mais grosseiro e manutenção da estrutura física natural dos agregados. Após a peneiração, a amostra foi colocada na «bombona» de 200L e o material foi homogeneizado para então ser armazenado para o experimento em recipientes fechados à temperatura ambiente. Foi determinado o teor de umidade, após secagem em estufa a 105°C, e a capacidade de campo (CC) das amostras de solo.

Diferentes fontes de carbono foram incorporadas à 200g de solo seco. A mistura foi feita cuidadosamente de forma a evitar quebra dos agregados, em sacos plásticos. Em seguida, a mistura foi transferida e acondicionada em potes plásticos de 350 ml. As fontes de carbono adicionadas ao solo, foram: composto de hortaliças (CH); composto suíno (CS); fertilizante organomineral (ORG); bagaço de malte (BM); biochar/carvão (BIO) e carbonato de cálcio (CC).

O experimento foi conduzido sob delineamento inteiramente casualizado, com 24 tratamentos, sendo estes a combinação de resíduos ou fertilizante organomineral, e carbonato de cálcio (CaCO₃), com 4 doses distintas. Um tratamento adicional, denominado testemunha absoluta, foi adicionado ao desenho experimental, e representa a ausência de adição de qualquer resíduo fonte de C. A fonte inorgânica de C (CaCO₃) foi incluída no desenho experimental de forma a mimetizar a aplicação de corretivos a base de carbonato, tal como o calcário. Foram estabelecidas 4 repetições, perfazendo um total de 100 unidades experimentais (UE).

A partir dos teores de C de cada resíduo/insumo adicionado e de posse da informação do total de C estocada na camada de 0-20cm do solo coletado, foi estimada a quantidade de C a ser adicionada de cada fonte para que os estoques fosse elevados para 0,2%; 0,4%; 0,8%; 1,2% de C (Minasny et al., 2016). Foi estabelecida uma taxa física de fixação dos resíduos de 30%. Desse modo foi definido estequiometricamente a quantidade de cada resíduo por dose (Tabela 1) de acordo com a concentração de carbono total de cada composto (Figura 1).

Obtenção dos espectros NIR e tratamento estatístico dos dados:

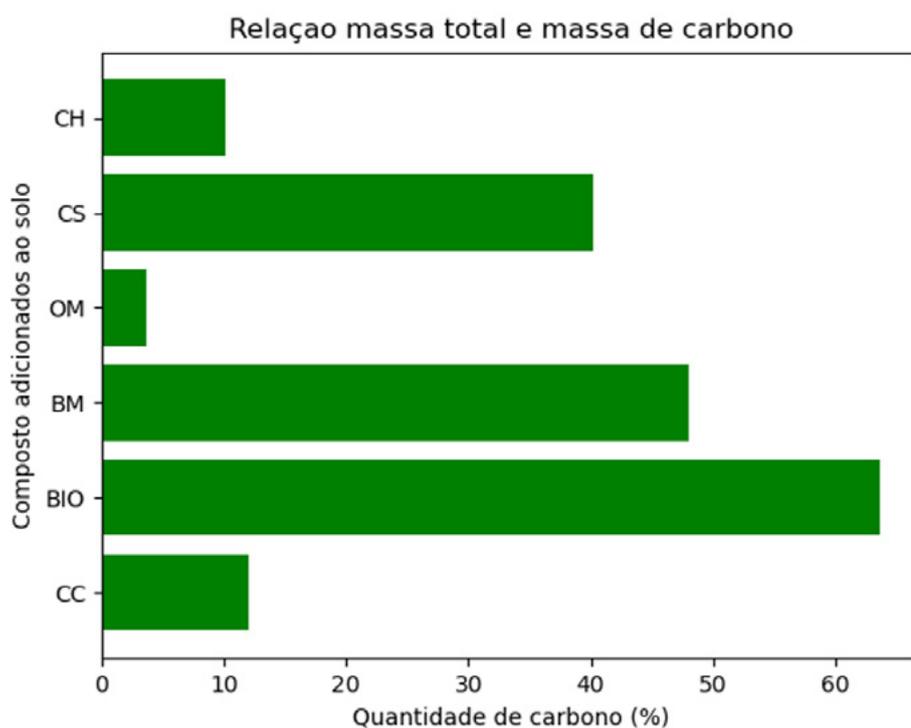
Os espectros NIR foram coletados antes do umedecimento do solo e antes das unidades experimentais terem sido levadas a estufa. Para tanto, foi utilizado um NIR portátil (modelo DLP® NIRscan™ Nano EVM), os dados foram captados por uma média de 64 leituras e salvos em absorbância na faixa de 900 até 1700nm.

Tabela 1. Quantidade de cada uma das fontes de carbono (g da fonte de C/pote de 200g de solo seco) adicionada a cada unidade experimental, em cada dose de carbono (D1 a D4) adicionada ao solo no experimento.

Fonte de Carbono	D1 0,2%	D2 0,4%	D3 0,8%	D4 1,2%
CH	0,4090	0,8181	1,6362	2,4543
CS	0,1143	0,2286	0,4573	0,6859
ORG	1,1831	2,3662	4,7324	7,0986
BM	0,0982	0,1963	0,3926	0,5890
BIO	0,0207	0,0414	0,0827	0,1241
CC	0,3324	0,6649	1,3298	1,9946

CH=composto de hortaliças; CS=composto suíno; ORG=fertilizante organomineral; BM=bagaço de malte; BIO=biochar/carvão; CC= carbonato de cálcio.

Figura 1. Relação percentual entre a massa total dos compostos adicionados ao solo e a respectiva massa de carbono.



CH=composto de hortaliças; CS=composto suíno; ORG=fertilizante organomineral; BM=bagaço de malte; BIO=biochar/carvão; CC= carbonato de cálcio.

Condução do experimento

A partir do momento em que a umidade das unidades experimentais (UE) foi corrigida para 60% da CC, o experimento foi iniciado, sendo necessário a manutenção de umidade a cada 15 dias e a temperatura controlada em estufa a 27°C.

As novas aquisições de espectros serão coletadas a cada 6 meses. Para essas análises o procedimento será retirar uma alíquota correspondente a 10cm³ de cada unidade experimental a qual será depositada em placa de Petri para secagem a 40°C por 48h posteriormente coletado o espectro NIR. O primeiro espectro será obtido na amostra bruta e em seguida a amostra será destorroada por martelo de borracha (SOUZA, 2014).

Análise dos dados

Com os espectros das misturas e utilizando o Python se procedeu a análise de componentes principais das UE de forma a identificar padrões de similaridade e dissimilaridade entre as misturas (PELLICCIA, 2018).

Resultados e Discussão

O solo de pastagem amostrado apresenta teor médio de matéria orgânica [$\sim 34 \text{ g.kg}^{-1}$], mas uma densidade elevada [$1,42 \text{ g.cm}^{-3}$] para solos argilosos. Embora a pressão de pastejo seja baixa na Fazenda, acredita-se que o uso por décadas sob pastejo, justifica tal valor.

Com o conjunto de espectros das UE e respectivas informações ou impressões digitais, foi realizada uma análise de componentes principais (PCA). Os espectros NIR apresentam muitos dados similares impossibilitando diferenciá-los por picos ou visualmente as diferenças entre espectros quando as amostras estão no mesmo meio (solo) (Figura 2). A análise multivariada, PCA, se mostra eficiente em matrizes com alto nível de correlação possibilitando agrupar os espectros similares em regiões distintas (PELLICCIA, 2018)

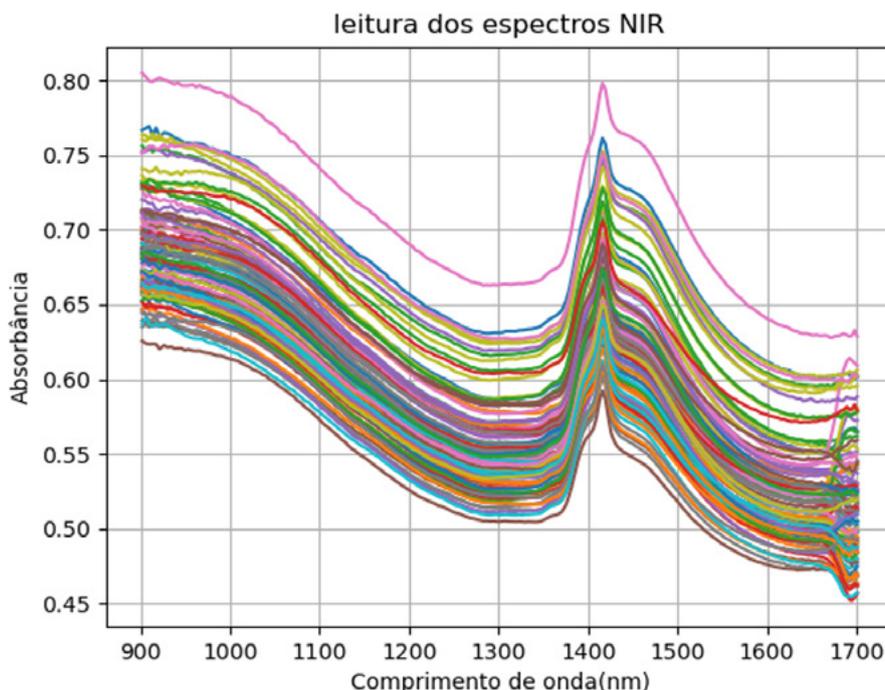


Figura 2. Leitura dos espectros NIR sem tratamento de dados em valores de absorção.

A figura 2 mostra os espectros obtidos a partir de todos os diferentes tratamentos, indicando similaridade entre elas. Os dados precisam ser melhor analisados, mas de forma generalizada e analisando a dispersão das amostras em relação às duas Componentes principais (PC), pouca sensibilidade da técnica parece existir na segregação dos resíduos. Uma análise mais detalhada deverá ser feita para se avaliar o efeito de doses dos resíduos. A PC2 foi responsável por separar as amostras de solo sem resíduos, de parte das UE que receberam os materiais.

Vale comentar que para realizar uma análise conclusiva em relação a determinar da quantidade de carbono nas amostras será necessário realizar uma calibração das componentes principais, possivelmente por método de mínimos quadrados parciais (PLS) e regressão por vetores de suporte (SVR).

A figura 3 apresenta a dispersão de todas as UE em duas componentes principais.

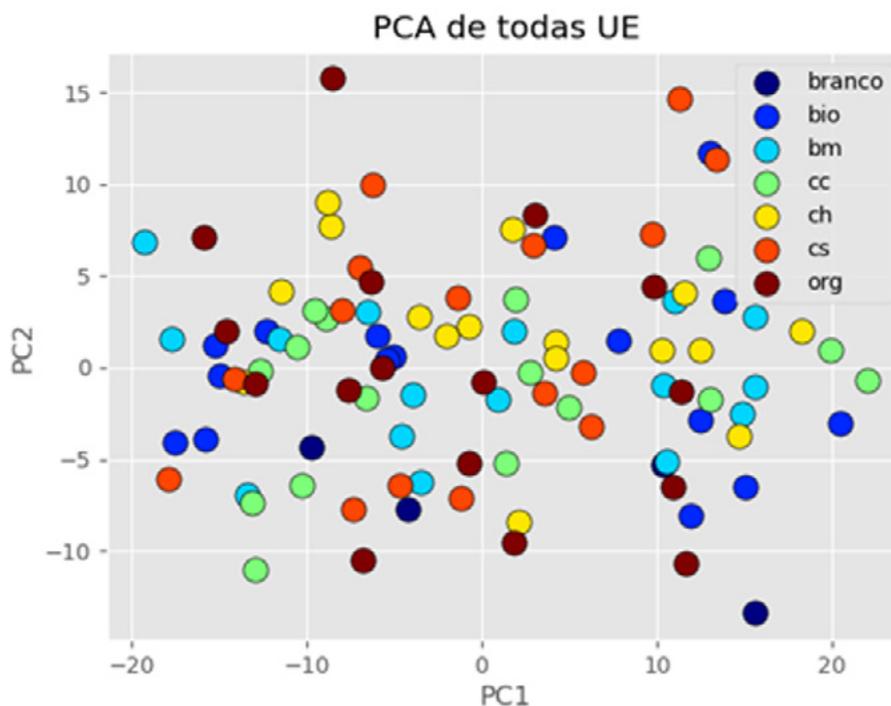


Figura 3. Análise multivariada de componentes principais (PCA) das 100 unidades experimentais (UE). Materiais adicionados ao solo: composto de hortaliças (CH); composto suíno (CS); fertilizante organomineral (ORG); bagaço de malte (BM); biochar/carvão (BIO) e carbonato de cálcio (CC) e tratamento sem adição de fonte de carbono ao solo (branco).

Conclusões

Os dados preliminares indicam que a espectroscopia NIR na faixa espectral 900 até 1700nm tem potencial para ser aplicada no estudo de detecção de fontes de C quando a fonte é aplicada recentemente, mas a equipe ainda precisa trabalhar melhor os dados obtidos. Novas avaliações e validações externas ao longo do tempo serão realizadas de modo a aprimorar a análise dos dados e o uso da técnica, de modo a avaliar sua aplicabilidade e definir a metodologia de avaliação para diferenciação das fontes de C adicionadas ao solo, bem como seu impacto nos estoques de C do solo.

Agradecimentos

A Embrapa e ao CNPq pela concessão das bolsas de Iniciação Científica e pela infraestrutura para a realização dos experimentos. FCB agradece o CNPq pela Bolsa de Produtividade concedida. Os autores agradecem o Analista André Marcelo de Souza pela orientação na aquisição dos espectros do experimento.

Referências

ARIAS, D. *et al.* Agriculture productivity growth in Brazil: recent trends and future prospects. **Journal Of Agriculture**, [s. l.], v. 1, n. 3, p. 12-27, 2017. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/209154/1/Agriculture-Productivity-Growth-in-Brazil.pdf>. Acesso em: 11 set. 2022.

BRASIL. **Decreto nº 10.991, de 11 de março de 2022.** Institui o Plano Nacional de Fertilizantes 2022–2050 e o Conselho Nacional de Fertilizantes e Nutrição de Plantas. Disponível em: <https://in.gov.br/web/dou/-/decreto-n-10.991-de-11-de-marco-de-2022-385453056#:~:text=D%20E%20C%20R%20E%20T%20A%20%3A,data%20de%20publica%C3%A7%C3%A3o%20deste%20Decreto>. Acesso em: 11 set. 2022.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Plano Setorial para Adaptação à Mudança do Clima e Baixa Emissão de Carbono na Agropecuária 2020-2030: Plano Operacional / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Inovação, Desenvolvimento Rural e Irrigação. – Brasília : Mapa/DEPROS, 2021. 133p. ISBN: 978-65-86803-63-1.

CEPEA. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (Cepea), da Esalq/USP PIB do agronegócio cresceu abaixo das projeções. PIB Agronegócio, 15 de março de 2020. Acessado em 11 de setembro de 2022: [dtec.pib_agronegocio_dez2021.14mar2022_vf \(usp.br\)](https://dtec.pib_agronegocio_dez2021.14mar2022_vf.usp.br)

DE SANTANA, F. B.; DE SOUZA, A. M.; BALIEIRO, F.C.; MIORANZA, M.; RODRIGUES, R. A. R.; POPPI, R. J. Monitoring Mineral- Associated Organic Matter in Tropical Pastures using Near Infrared Spectroscopy. *Braz. J. Anal. Chem.*, 2021, 8 (32), pp 78–90.

FERREIRA-LEITÃO, Viridiana; GOTTSCHALK, Leda Maria Fortes; FERRARA, Maria Antonieta; NEPOMUCENO, Alexandre Lima; MOLINARI, Hugo Bruno Correa; BON, Elba P. S.. Biomass Residues in Brazil: availability and potential uses. **Waste And Biomass Valorization**, [S.L.], v. 1, n. 1, p. 65-76, 7 fev. 2010. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s12649-010-9008-8>.

KUZYAKOV, Yakov; FRIEDEL, J. K.; STAHR, Karl. Review of mechanisms and quantification of priming effects. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 32, n. 11-12, p. 1485-1498, 2000.

MINASNY, Budiman; MALONE, Brendan P.; MCBRATNEY, Alex B.; ANGERS, Denis A.; ARROUAYS, Dominique; CHAMBERS, Adam; CHAPLOT, Vincent; CHEN, Zueng-Sang; CHENG, Kun; DAS, Bhabani S.. Soil carbon 4 per mille. *Geoderma*, [S.L.], v. 292, p. 59-86, abr. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.geoderma.2017.01.002>

HONGYU, K.; SANDANIELO, V. L. M.; JUNIOR, G. J. de O. Análise de Componentes Principais: Resumo Teórico, Aplicação e Interpretação. **ES Engineering and Science**, [S. I.], v. 5, n. 1, p. 83-90, 2016. DOI: 10.18607/ES201653398. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/eng/article/view/3398>. Acesso em: 11 set. 2022.

PELLICCIA, Daniel. **HomeClassificationPrincipal Components AnalysisClassification of NIR spectra using Principal Component Analysis in Python Classification of NIR spectra using Principal Component Analysis in Python**. 2018. Disponível em: <https://nirpyresearch.com/classification-nir-spectra-principal-component-analysis-python/>. Acesso em: 11 set. 2022.

SOUZA, ANDRÉ MARCELO DE; Figueiras, P. R. ; Coelho, M. R. ; FONTANA, A. ; WINKLER, T. C. B. ; VALDERRAMA, P. ; POPPI, RONEI JESUS . Validation of the near infrared spectroscopy method for determining soil organic carbon by employing a proficiency essay for fertility laboratories. **Journal of Near Infrared Spectroscopy**, v. 24, p. 293-303, 2016.

SOUSA, André Marcelo de. **Specsolo uma tecnologia inovadora**, 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/8668/specsolo>>. Acesso em: 5 set. 2022.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. (ed.). Manual de métodos de análise de solo. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 574 p. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/181717/1/Manual-de-Metodos-de-Analise-de-Solo-2017.pdf>. Acesso em: 7 jul. 2022

VAZ JUNIOR, Silvio. Aproveitamento de resíduos agroindustriais: uma abordagem sustentável. **Embrapa Agroenergia-Documents (INFOTECA-E)**, 2020.