



PRECISÃO DAS ESTIMATIVAS DE pH DO SOLO DA PLATAFORMA RESTOR EM RELAÇÃO A ANÁLISES LABORATORIAIS TRADICIONAIS

ACCURACY OF SOIL pH ESTIMATES FROM THE RESTOR PLATFORM COMPARED TO TRADITIONAL LABORATORY ANALYSES

Servelino Fernando Francisco José ^{1*}; Analtina Samba Mautari Cuiva ²; Félix Cahunda
Lupassa ³; Gabriel Chipopili Molossande ⁴; Isabel Simão Francisco ⁵; Júlio Valentim
Camalata ⁶; Jorge Abel Chavonga ⁷; Luísa Quelita do Amaral ⁸; Magna Firmino Mendes ⁹;
Osvaldo José Gomes da Costa ¹⁰; Rafael Camate dos Santos ¹¹; Ronaldo Esperança
Saliuongo ¹²

¹⁻¹² Instituto de Investigação Agronómica. Chianga, Huambo-Angola.

* Email para correspondência: joseservelinojose@gmail.com

RESUMO

O pH do solo é um indicador essencial da fertilidade e da qualidade dos solos, influenciando a disponibilidade de nutrientes e a produtividade agrícola. Com o avanço das geotecnologias, plataformas digitais como o *Restor* têm sido utilizadas para estimar propriedades do solo em larga escala, sendo necessária a validação dessas estimativas em escala local. Este estudo teve como objectivo comparar os valores de pH do solo estimados pela plataforma *Restor* com aqueles obtidos por análises laboratoriais tradicionais, com base em amostras recolhidas em diferentes aldeias. Os limites das aldeias foram obtidos a partir de dados oficiais da Divisão Político-Administrativa e processados no QGIS, sendo posteriormente inseridos na plataforma *Restor*. As amostras de solo foram colectadas na camada de 0–20 cm e analisadas em laboratório, utilizando-se a média dos valores

ABSTRACT

Soil pH is an essential indicator of soil fertility and quality, directly influencing nutrient availability and agricultural productivity. With the advancement of geotechnologies, digital platforms such as *Restor* have been increasingly used to estimate soil properties at large spatial scales, making the validation of these estimates at the local level necessary. This study aimed to compare soil pH values estimated by the *Restor* platform with those obtained through traditional laboratory analyses, based on samples collected in different villages. Village boundaries were obtained from official administrative division data and processed using QGIS, after which they were uploaded to the *Restor* platform. Soil samples were collected from the 0–20 cm layer and analyzed in the laboratory, using the mean of laboratory values for comparison. The results indicated that *Restor*-estimated pH



laboratoriais para a comparação. Os resultados indicaram que o pH estimado pelo Restor variou entre 5,49 e 5,77, enquanto os valores laboratoriais apresentaram maior variabilidade, entre 4,00 e 5,31, sendo sistematicamente inferiores. Conclui-se que o Restor é útil para avaliações preliminares, mas não substitui análises laboratoriais em estudos locais.

Palavras-chave: pH do solo; *Restor*; Análise laboratorial; Agricultura digital.

values ranged from 5.49 to 5.77, while laboratory measurements showed greater variability, ranging from 4.00 to 5.31, and were consistently lower than the estimated values. These findings indicate a tendency for Restor to overestimate soil pH at the local scale. It is concluded that Restor is useful for preliminary assessments, but it does not replace laboratory analyses for local-scale soil evaluation.

Keywords: Soil pH; *Restor*; Laboratory analysis; Digital agriculture.

INTRODUÇÃO

O solo é um componente fundamental para a produção agrícola, pois fornece não apenas suporte físico as plantas, mas também os nutrientes essenciais para o desenvolvimento vegetal. Entre as propriedades químicas do solo, o potencial de hidrogénio (pH) assume o papel central, uma vez que regula a disponibilidade de nutrientes, a actividade microbiana, a mineralização de matéria orgânica, a fixação de nitrogénio em leguminosas e ainda influencia processos de toxicidade, como a solubilização de alumínio em solos ácidos ou de sais em solos alcalinos (Karcauskiene, Repsiene, Ambrazaitiene, Skuodiene, & Jokubauskaite, 2018). Valores de pH fora de intervalos óptimos comprometem a absorção de nutrientes cruciais como o N, P, K, Ca e Mg, e podem causar restrições ao crescimento das culturas, afectando o rendimento e a sustentabilidade da produção agrícola (González-Valoys *et al.*, 2025).

No contexto africano, especialmente em regiões tropicais e subtropicais, os solos frequentemente apresentam limitações como acidez, baixo teor de bases e manejo inadequado, o que exige intervenções correctivas (como calcário) para ajustar o pH a níveis mais favoráveis à agricultura (Sori *et al.*, 2021). Igualmente, mapeamentos digitais e uso de sensores remotos têm ganhado importância para estimar propriedades do solo em larga escala, sendo o pH uma das variáveis mais mapeadas devido ao seu papel de “variável mestra” nas interações solo-planta-ambiente (Hengl *et al.*, 2022).

Em Angola, embora existam estudos sobre fertilidade dos solos, nutrientes totais e variações em distintas províncias, poucos trabalhos comparam directamente valores estimados via plataformas digitais com resultados analíticos laboratoriais para o pH do solo. Um estudo sobre

o estado nutricional total em solos agrícolas de subsistência em Angola revelou grande variabilidade nos teores de nutrientes, frequentemente abaixo das médias da África Subsaariana, o que sugere deficiências de fertilidade potencialmente ligadas a parâmetros químicos como o pH (Teixeira & Simpson, 2024). Assim, há uma lacuna de conhecimento quanto à confiabilidade de medições digitais emergentes para determinar o pH do solo no contexto angolano, especialmente em zonas rurais, onde o acesso a laboratórios pode ser limitado.

A plataforma *Restor* representa uma dessas ferramentas modernas, que permitem estimar ou mapear o pH com base em dados remotos, sensores ou modelagens. Comparar os resultados obtidos por *Restor* com aqueles obtidos em laboratório é essencial para validar sua precisão, identificar possíveis vieses ou erros sistemáticos e determinar se essa plataforma pode ser usada como alternativa prática em comunidades agrícolas. Tal comparação possibilita ainda adaptar recomendações de correção de solo de forma adequada ao contexto local, otimizar recursos agrícolas e melhorar a tomada de decisão por agricultores e gestores.

Este estudo foi realizado em 11 aldeias, onde foram colectadas amostras de solo que tiveram o pH medido tanto via *Restor* quanto em laboratório, visando identificar o grau de concordância entre as duas metodologias. Este tipo de investigação é relevante para Angola pois pode contribuir para aumentar a eficiência do manejo do solo, reduzir custos operacionais e ampliar o uso de tecnologias digitais no monitoramento contínuo da qualidade do solo.

METODOLOGIA

Caracterização da Zona de Estudo

O estudo foi conduzido na província do Huambo, em 11 municípios, com amostras de solo colectadas em 11 aldeias representativas (Ver figura.1).

Com temperaturas médias anuais que variam entre 19 e 20°C, podendo considerar-se como um clima temperado quente, com valores de precipitações que oscilam desde os 1100 mm a S-SW até um pouco acima dos 1400 mm no topo planáltico Centro-Oeste. O período chuvoso tem início nos finais de Setembro e prolonga-se até meados ou mesmo finais de Abril. O clima do Huambo é quente e temperado. O verão é muito mais chuvoso que o inverno. De acordo com o sistema Köppen-Geiger é classificado de Cwb (Diniz, 2006). Vegetação: Miombo, ecossistema



florestal onde predominam árvores que pertencem aos géneros *Brachystegia*, *Isorbelinia* e *Julbernadia* (Quissindo & Quartim, 2018).

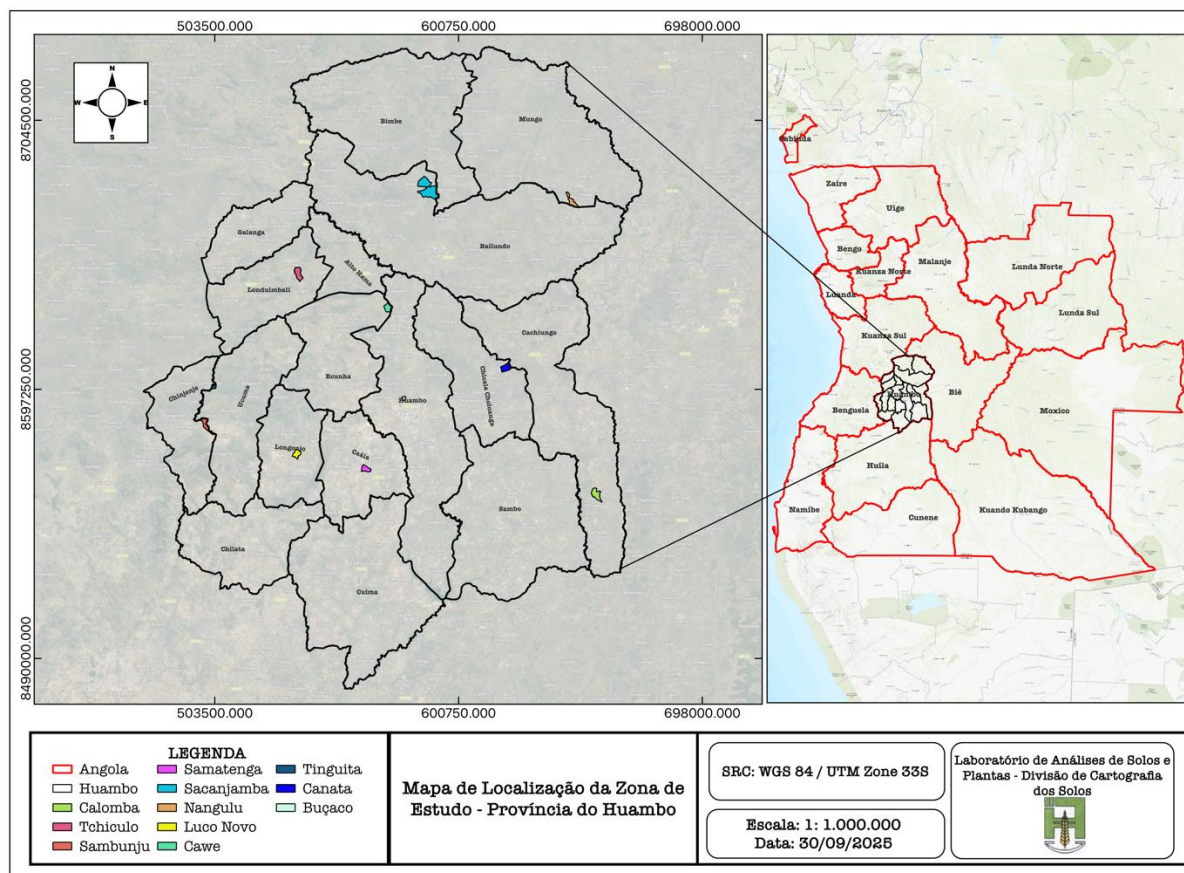


Figura 1. Mapa de Localização da Zona de Estudo

O solo característico da área é o do tipo ferralítico, de cor vermelha e com pH que varia entre 5,3 e 6,2 (Madeira e Ricardo, 2015).

A rede hidrográfica da província do Huambo, situada no planalto central de Angola, é marcada por uma densidade significativa de cursos de água, com destaque para as nascentes de alguns dos principais rios do país. A província abriga parte importante da bacia hidrográfica do rio Kwanza, o maior rio inteiramente angolano, cujas nascentes se localizam nos arredores da cidade do Huambo. Além do Kwanza, também se originam no território do Huambo afluentes dos rios Cunene e Cubango, que têm relevância transfronteiriça para o sul da África (Instituto Nacional de Recursos Hídricos, 2018). Essa posição hidrográfica privilegiada, associada ao relevo de altitudes elevadas e ao clima tropical de altitude, confere ao Huambo uma função estratégica na regulação hídrica regional, sendo uma área-chave para a conservação de nascentes e gestão de recursos hídricos no contexto do desenvolvimento sustentável e da segurança hídrica nacional (Instituto Nacional de Recursos Hídricos, 2018; FAO, 2020).

Recolha de Dados em Campo

Em cada localidade foram seleccionadas parcelas agrícolas para amostragem do solo na camada de 0-20 cm, segundo os protocolos descritos pela FAO (2006). Consideraram-se diversos factores que contribuem para as variações de fertilidade do solo em cada área amostrada, tais como topografia, cobertura vegetal, espécie cultivada, sistema de cultivo e manejo, textura, cor, profundidade do solo e drenagem, de modo a delimitar unidades homogêneas de solo conforme critérios de uniformidade interna (FAO, 2006; Hengl, de Jesus, MacMillan, *et al.*, 2017). Áreas que apresentavam maior variabilidade interna foram subdivididas em subparcelas para assegurar maior homogeneidade.

Para amostras de parcelas homogêneas com área não superior a 10 hectares, os pontos de amostragem foram determinados aleatoriamente, com percurso em ziguezague para cobrir a parcela de maneira representativa e minimizar viés espacial (Brown, 1987; FAO, 2006). Na colecta do solo utilizou-se trado tipo holandês para extrair o solo, balde plástico para mistura das subamostras e sacos plásticos limpos para acondicionamento, devidamente identificados com número da parcela, data e informações complementares.

Foram retiradas amostras simples em vários pontos nas subparcelas, que foram reunidas em um balde, misturadas manualmente até obtenção de uma amostra composta representativa. Após homogeneização, cerca de 500 g de solo foram transferidos para sacos plásticos limpos e identificados de forma única. As amostras foram então encaminhadas ao laboratório para análise química adequada. Esse procedimento de amostragem composta é considerado uma prática padrão para reduzir a variabilidade entre subamostras individuais e tornar o resultado mais representativo da parcela (FAO, 2006; Patil, Gore, & Taillie, 2011).

Recolha de Dados Geospacial

Em cada localidade, os limites administrativos (aldeias) foram obtidos a partir dos ficheiros vectoriais (shapefiles) disponibilizados pelo Instituto Nacional de Estatística (INE) e por bases reconhecidas de limites administrativos, e usados como camada base para a recolha e organização das amostras de solo (INE, HDX, 2018). Os shapefiles da divisão político-administrativa foram recortados (clip) no ambiente SIG para isolar a geometria de cada aldeia onde se realizaram as colectas, procedimento efectuado no QGIS conforme as práticas de geoprocessamento padrão (QGIS Development Team, 2023).



Cada shapefile de aldeia, já com a respectiva malha e limites verificados, foi exportado separadamente e carregado na plataforma *Restor* para análise do parâmetro pH. A plataforma *Restor* agrega e modela diversas camadas geoespaciais (p.ex. pH estimado, cobertura do solo, carbono do solo, precipitação) utilizando dados observacionais e modelagem baseada em *Google Earth Engine* e outros repositórios científicos, permitindo obter estatísticas e sumários por polígonos definidos pelo usuário (*Restor*, 2021; *Google Cloud*, 2022). Esse fluxo do shapefile local, recorte/validação no QGIS, depois fez-se o upload para *Restor*, e no final a extração do pH estimado para cada polígono, garantiu que as estimativas geoespaciais fossem atribuídas precisamente à área onde as amostras físicas foram recolhidas, facilitando a comparação entre valores estimados digitalmente e medidas laboratoriais (Crowther Lab, 2021).

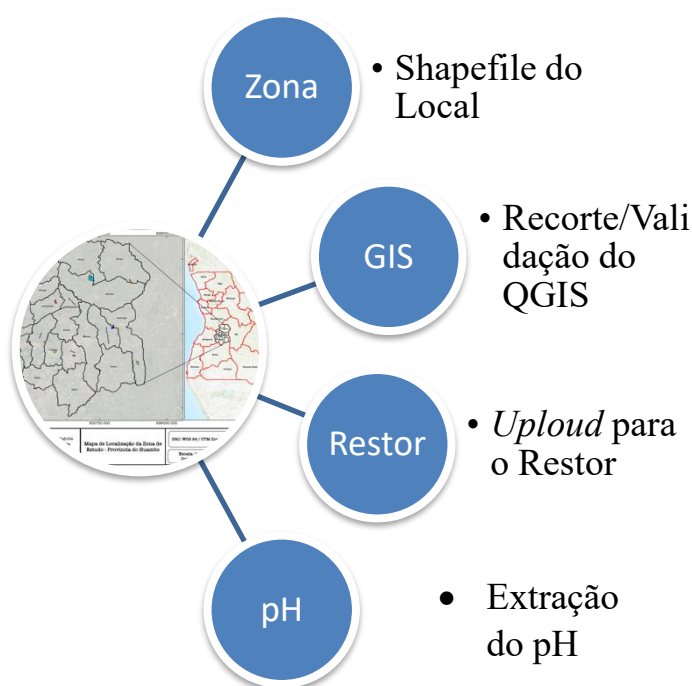


Figura 2. Ilustração do fluxograma (Adaptado de Crowther Lab, 2021).

A utilização de shapefiles oficiais (ou de repositórios validados) e de software SIG de código aberto assegura rastreabilidade e reprodutibilidade dos procedimentos: metadados (nome da aldeia, identificador da parcela, data da amostragem) foram preservados nos atributos dos shapefiles e associados às respetivas amostras de solo. A comparação entre pH estimado por *Restor* e pH medido em laboratório foi, portanto, feita com correspondência espacial directa,

minimizando erros de atribuição espacial e permitindo análises estatísticas e cartográficas robustas (*Restor*, 2021; *QGIS Development Team*, 2023).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos entre os valores de pH do solo estimados pela plataforma *Restor* e aqueles determinados por análises laboratoriais são apresentados na seguinte tabela.

Tabela 1. Resultados pH do Restor e do Laboratório

Aldeias	pH - <i>Restor</i>	pH – Lab 1	pH – Lab 2	Média pH - Lab
Buçaco	5.68	4.60	4.89	4.75
Calomba	5.53	4.68	4.09 – 4.22	4.33
Canata	5.49	4.19	4.17	4.18
Tinguita	5.67	5.15	-	-
Cawé	5.59	4.01	4.48	4.25
Luco Novo	5.77	4.31	-	-
Nangulu	5.55	4.49	4.29	4.35
Sacajamba	5.55	4.85	-	-
Samatenga	5.72	3.64	4.36	4.00
Sambunju	5.69	5.52	5.10	5.31
Tchiculo	5.61	4.10	-	-

A Tabela acima, apresenta os valores de pH do solo estimados pela plataforma *Restor* e os valores obtidos por análises laboratoriais nas aldeias estudadas. Observa-se que o pH estimado pelo *Restor* apresenta pouca variação entre as aldeias, com valores compreendidos entre 5,49 e 5,77. Em contraste, os valores de pH determinados em laboratório evidenciam maior variabilidade, refletindo diferenças locais nas condições do solo.

Nas aldeias onde foram realizadas duas análises laboratoriais, verificam-se variações entre os valores de pH das amostras, o que demonstra a heterogeneidade natural do solo mesmo dentro de áreas consideradas homogêneas. A média do pH laboratorial, quando calculada, permite uma representação mais equilibrada das condições químicas do solo em cada aldeia. Por outro lado, nas aldeias onde apenas uma amostra foi analisada, a comparação directa indica diferenças entre os valores laboratoriais e os valores estimados pela plataforma.

De forma geral, os valores de pH obtidos por análises laboratoriais são inferiores aos valores estimados pelo *Restor* na maioria das aldeias, evidenciando diferenças entre os dois métodos de obtenção de dados. Esses resultados destacam a importância da comparação entre estimativas geoespaciais e medições laboratoriais para uma melhor compreensão do comportamento do pH do solo nas áreas avaliadas.

Em consonância com o objectivo geral deste estudo, que consistiu em comparar os valores de pH do solo estimados pela plataforma *Restor* com aqueles obtidos por análises laboratoriais, os resultados evidenciam diferenças consistentes entre os dois métodos de obtenção de dados. A análise comparativa (Figura 3), baseada na média aritmética dos valores laboratoriais, permitiu estabelecer uma base uniforme para a avaliação da concordância entre as estimativas geoespaciais e as medições directas do solo.

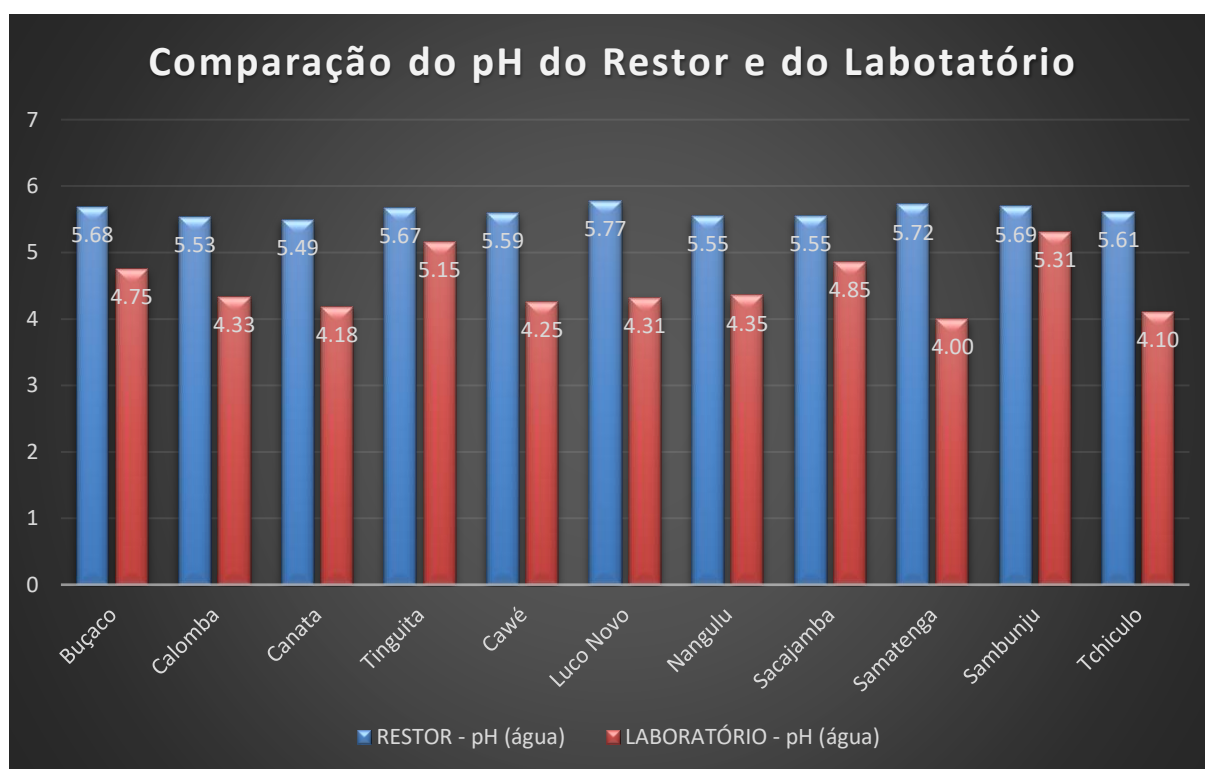


Figura 3. Comparação do pH do Restor e do Laboratório

Os valores de pH estimados pelo *Restor* apresentaram reduzida variação entre as aldeias analisadas, enquanto os valores médios obtidos em laboratório mostraram maior amplitude, refletindo a variabilidade espacial inerente aos solos agrícolas. Esta diferença responde diretamente ao objectivo específico de avaliar o grau de correspondência entre dados modelados e dados laboratoriais, demonstrando que as estimativas fornecidas pela plataforma representam

uma generalização espacial do atributo pH, ao passo que as análises laboratoriais capturam variações locais mais acentuadas.

De forma geral, observou-se que os valores laboratoriais de pH foram inferiores aos valores estimados pelo *Restor*, o que indica uma tendência de sobrestimação do pH pela plataforma digital nas áreas estudadas. Este resultado está alinhado com o objectivo de analisar a aplicabilidade do *Restor* em escala local, evidenciando que, embora a ferramenta seja adequada para análises exploratórias e avaliações preliminares, apresenta limitações quando utilizada como substituta directa das análises laboratoriais.

A utilização da média como parâmetro estatístico revelou-se pertinente para minimizar a variabilidade interna nas aldeias onde foram analisadas mais de uma amostra de solo, contribuindo para uma comparação mais equilibrada entre os métodos. Ainda assim, as diferenças observadas reforçam o objectivo de discutir as limitações associadas à resolução espacial e aos modelos preditivos utilizados por plataformas geoespaciais, conforme reportado por estudos semelhantes (Hengl et al., 2017; Sori et al., 2021).

Deste modo, os resultados alcançados permitem concluir que o *Restor* pode ser utilizado como ferramenta complementar no apoio ao diagnóstico do pH do solo, sobretudo em contextos de escassez de dados primários. No entanto, para fins de gestão agrícola e tomada de decisão em escala local, os dados laboratoriais continuam a ser indispensáveis. Assim, o estudo cumpre o seu objectivo ao demonstrar a importância da integração entre métodos tradicionais e digitais para uma avaliação mais robusta e confiável da acidez do solo.

O gráfico de dispersão apresentado na Figura 4 evidencia diferenças sistemáticas entre os valores de pH do solo estimados pela plataforma *Restor* e aqueles obtidos por análises laboratoriais tradicionais. Observa-se que os valores estimados pelo *Restor* mantêm-se relativamente estáveis ao longo das localidades avaliadas, variando em torno de um intervalo estreito, enquanto os valores laboratoriais exibem maior amplitude e flutuação entre os pontos amostrados.

Essa reduzida variabilidade nos valores do *Restor* reflete a natureza dos modelos digitais globais de solo, os quais são baseados em interpolação espacial e aprendizagem automática a partir de grandes bases de dados regionais ou globais. Tais modelos tendem a suavizar variações locais, produzindo estimativas médias representativas de grandes áreas, mas com menor



sensibilidade à heterogeneidade intrínseca do solo em escala de parcela (Hengl et al., 2017; Hengl et al., 2022).

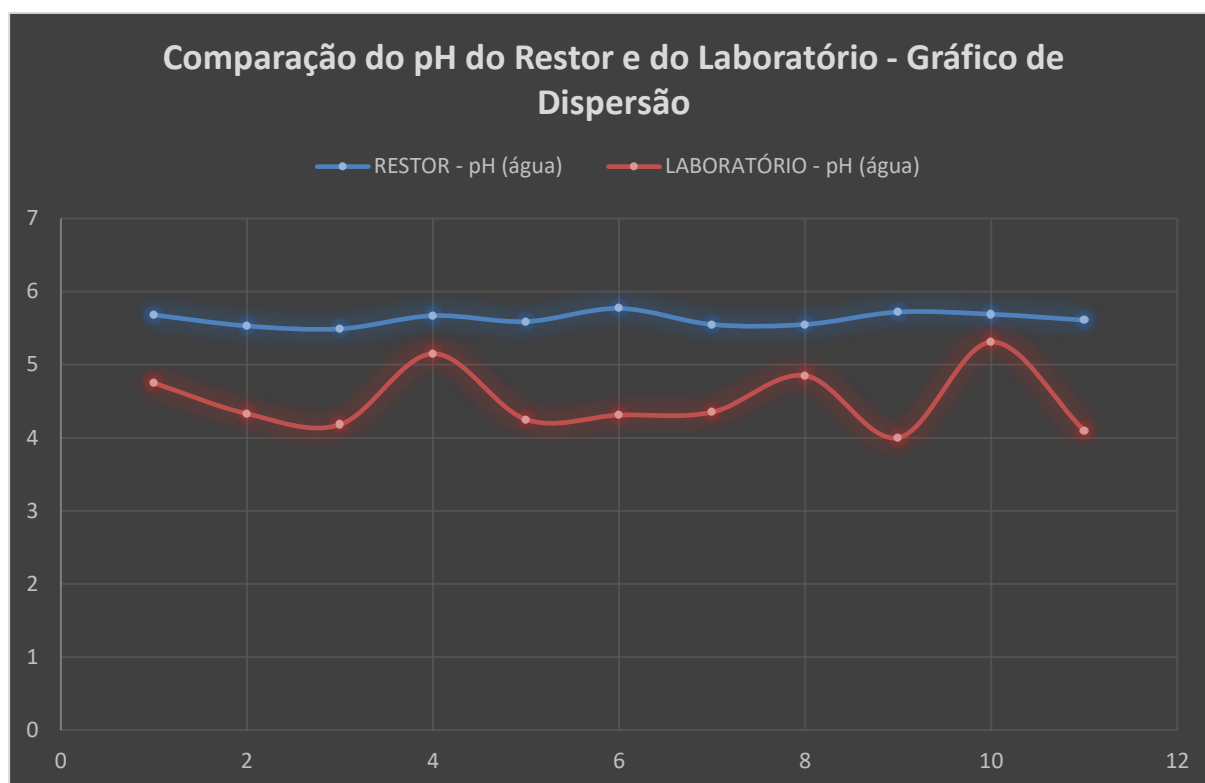


Figura 4. Comparação do pH do Restor e do Laboratório - Gráfico de Dispersão

Em contraste, os valores de pH obtidos em laboratório apresentam oscilações mais pronunciadas entre as localidades, indicando a influência de factores locais como textura do solo, histórico de uso da terra, práticas de manejo agrícola, drenagem e material de origem. Essa variabilidade é esperada em solos tropicais e subtropicais, especialmente em ambientes agrícolas de pequena escala, onde o pH pode variar significativamente mesmo em áreas consideradas relativamente homogêneas (Brown, 1987; Karcauskiene et al., 2018).

Outro padrão claramente visível no gráfico é a tendência sistemática de o *Restor* sobrestimar o pH do solo em relação às medições laboratoriais. Em praticamente todos os pontos analisados, os valores digitais situam-se acima dos valores medidos em laboratório, o que sugere um viés positivo nas estimativas da plataforma quando aplicada em escala local. Resultados semelhantes foram reportados em estudos de mapeamento digital do solo, nos quais modelos globais demonstram maior precisão em análises regionais ou continentais, mas desempenho reduzido quando comparados a dados de campo em nível local (Sori et al., 2021; Hengl et al., 2022).

Do ponto de vista agronómico, essa diferença tem implicações relevantes, pois a sobrestimação do pH pode levar a interpretações incorretas sobre a acidez do solo e, consequentemente, a decisões inadequadas quanto à necessidade de calagem ou correção química. Assim, embora o *Restor* se revele uma ferramenta útil para diagnósticos preliminares e análises exploratórias, os resultados do gráfico reforçam que as análises laboratoriais continuam sendo indispensáveis para o manejo preciso do solo e para a formulação de recomendações técnicas confiáveis em escala local (FAO, 2006; Teixeira & Simpson, 2024).

Portanto, a dispersão observada entre os dois conjuntos de dados confirma que as estimativas digitais devem ser interpretadas como complementares às análises tradicionais, e não como substitutas. A integração entre ambas as abordagens constitui uma estratégia robusta para o monitoramento da qualidade do solo, especialmente em contextos onde há limitações de infraestrutura analítica, como em muitas regiões rurais de Angola.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

As principais conclusões deste estudo são:

- Os resultados evidenciaram diferenças consistentes entre os valores de pH do solo estimados pela plataforma *Restor* e aqueles obtidos por análises laboratoriais. Observou-se que o *Restor* tende a apresentar valores de pH superiores e com menor variabilidade espacial, enquanto os dados laboratoriais refletem de forma mais precisa a heterogeneidade local dos solos.
- A utilização da média aritmética dos valores laboratoriais permitiu uma comparação mais equilibrada entre os dois métodos, confirmando que o *Restor* é adequado para avaliações preliminares do pH do solo, mas não substitui as análises laboratoriais em estudos de escala local. Assim, a integração entre ferramentas digitais e métodos tradicionais mostrou-se essencial para uma avaliação mais confiável da acidez do solo.
- Recomenda-se a utilização do *Restor* como ferramenta complementar às análises laboratoriais, especialmente em contextos com limitação de dados de campo. Sugere-se ainda a calibração local das estimativas da plataforma com dados laboratoriais e a ampliação do número de amostras por área em estudos futuros, visando aumentar a precisão e a robustez das comparações.



Referências Bibliográficas

- Brown, J. R. (1987). *Soil testing: Sampling, correlation, calibration, and interpretation* (SSSA Special Publication No. 21). Soil Science Society of America.
- Crowther Lab. (2021). *Restoration networks — A mapping platform to share ecological information*. ETH Zurich / Crowther Lab. <https://crowtherlab.com/restoration/>
- Diniz, A. C. (2006). *Características mesológicas de Angola* (2ª ed.). Instituto Português de Apoio ao Desenvolvimento.
- FAO. (2006). *Guidelines for soil description* (4th ed., revised). Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- González-Valoys, A. C., et al. (2025). Geochemical characterization of soil and water in an agricultural area for the sustainable use of natural resources. *Agriculture*, 15(7), 702. <https://doi.org/10.3390/agriculture15070702>
- Google Cloud. (2022, February 24). *How Restor is using Google Earth Engine data to tackle ecosystem restoration*. Google Cloud Blog. <https://cloud.google.com/blog/topics/sustainability/how-restor-is-using-google-earth-engine-data-to-tackle-ecosystem-restoration>
- HDX - Humanitarian Data Exchange. (2018). *Angola — Subnational administrative boundaries (ADM0-ADM3)*. United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs (OCHA). <https://data.humdata.org/dataset/cod-ab-ago>
- Hengl, T., de Jesus, J. M., MacMillan, R. A., Batjes, N. H., Heuvelink, G. B. M., Ribeiro, E., Samuel-Rosa, A., Kempen, B., Leenaars, J. G. B., Walsh, M. G., & Gonzalez, M. R. (2017). SoilGrids250m: Global gridded soil information based on machine learning. *PLOS ONE*, 12(2), e0169748. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0169748>
- Hengl, T., Walsh, M. G., Wheeler, I., & MacMillan, R. A. (2022). Digital mapping of soil pH and carbonates at the European scale using environmental variables and machine learning. *Science of the Total Environment*, 856, 159171. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.159171>
- INE — Instituto Nacional de Estatística (República de Angola). (n.d.). *Divisão Política Administrativa (DPA), Lista e códigos* [Documento/recursos oficiais]. <https://www.ine.gov.ao/>
- Instituto Nacional de Recursos Hídricos. (2018). *Plano Nacional de Gestão Integrada de Recursos Hídricos: Diagnóstico da Bacia do Kwanza*. Ministério da Energia e Águas, Angola.
- Karcauskiene, D., Repsiene, R., Ambrazaitiene, D., Skuodiene, R., & Jokubauskaite, I. (2018). Control of soil pH, its ecological and agronomic assessment in an agroecosystem. In D. Sparks (Ed.), *Soil pH for nutrient availability and crop performance* (pp. 41–60). IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.75764>
- Madeira, M., & Ricardo, R. P. (2015). Complexo de troca, classificação e gestão dos solos ferralíticos de Angola. *Revista de Ciências Agrárias*, 38(3), 390–406.
- Patil, G. P., Gore, S. D., & Taillie, C. (2011). Composite sampling of soils and sediments. In *Composite sampling* (Environmental and Ecological Statistics, Vol. 4). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-7628-4_11
- Lídia P. de S. Teixeira, & Ian A. Simpson. (2024). Total nutrient element status of subsistence agriculture soils in Angola. *American Scientific Research Journal for Engineering, Technology, and Sciences*, 87(1), 114–130. https://asrjetsjournal.org/index.php/American_Scientific_Journal/article/view/10206
- QGIS Development Team. (2023). *QGIS Geographic Information System* (versão x.y). QGIS.org. <https://qgis.org>
- Quissindo, I. A. B., & Quartim, V. L. (2018). Aplicação de sensores multiespectrais para a tipificação de floresta de Miombo no município do Bailundo (Huambo-Angola). *XXVIII Encontro da AULP – Lubango, Angola, 18–20 Julho 2018*. ISBN: 978-989-8271-19-8.
- Restor. (2021). *Restor — Global hub for nature restoration and conservation* [Plataforma]. <https://restor.eco/>
- Sori, G., Iticha, B., & Takele, C. (2021). Predição espacial da acidez do solo e nutrientes para manejo específico do solo no distrito de Bedele, sudoeste da Etiópia. *Agriculture & Food Security*, 10, 59. <https://doi.org/10.1186/s40066-021-00334-5>
- Teixeira, L. P. de S., & Simpson, I. A. (2024). Total nutrient element status of subsistence agriculture soils in Angola. *American Scientific Research Journal for Engineering, Technology, and Sciences*, 87(1), 114–130.