

La spectroscopie comme outil pour l'analyse du carbone dans les sols : comparaisons méthodologiques

OLIVEIRA SA Sandra¹, FERRÃO Marco F.², GALDOS Marcelo V³, DOURADO, Geusa F¹, POPPI Ronei J⁴, BERNOUX Martial⁵ et CERRI Carlos C³

¹NUGEO-UEMA, 65055-310 São Luis, MA, Brazil, sa.oliveiras@gmail.com

²DQF-UNISC, 96815-900, Santa Cruz do Sul, RS, Brazil

³CENA-USP, 13400-970, Piracicaba, SP, Brazil

⁴IQ-UNICAMP, 13083-970, Campinas, SP, Brazil; et ⁵UMR 210-IRD, Bâtiment 12, 2 place Viala, 34060 Montpellier cedex 2.

Introduction

La dynamique, l'échange et la capacité de stockage du carbone (C) du sol constituent d'importants indicateurs de l'efficacité des agro-écosystèmes et de la protection de l'environnement. Cependant, le stock de carbone dans le sol varie sous l'effet de facteurs naturels et anthropiques. Traditionnellement, la concentration de carbone total du sol est déterminée par la méthode de combustion à sec. Récemment, des techniques spectroscopiques (VIS-NIR, NIR et/ou MIR) associées à des techniques chimiométriques sont de plus en plus utilisées pour des analyses qualitatives et quantitatives du carbone dans le sol. La précision de ces analyses spectroscopiques dépend de plusieurs facteurs, y compris le choix adéquat de la technique chimiométrique à être employée. Ce travail a pour but de comparer la performance des méthodes NIR-PLS et NIR-LS-SVM appliquées à l'analyse qualitative et quantitative de carbone dans des sols cultivés avec de la canne à sucre à Pradópolis, São Paulo.

Méthode

La zone d'étude appartient à l'Usine São Martinho, située dans la ville de Pradópolis, SP (latitude 21°22' Sul, longitude 48°03' Oeste, altitude = 620 m). Un total de 250 échantillons de Latosol a été utilisé pour ce travail. Ces échantillons ont été collectés à différentes profondeurs (0 à 100 cm) : 235 collectées dans des zones de culture de canne à sucre et 15 dans une forêt dégradée. L'analyse spectrale a été réalisée avec un Spectromètre Foss NIRS Systems 5000 (range 1100 - 2498 nm). L'analyse chimique a été faite avec un Autoanalyzer LECO CN-2000. Le modèle NIR-PLS modifié a été développé avec le WinISI II (version 1,05), et les modèles NIR-PLS et NIR-LS-SVM ont été développés à l'aide du Matlab (PLS-Toolbox version 3.5 et LS-SVMlab). La sélection des échantillons utilisés dans les étapes de calibration et validation a été réalisée de façon aléatoire, et pour chaque modèle.

Résultats et discussion

L'analyse par composants principaux (PCA) a montré que : (i) les axes PC1, PC2 et PC3 expliquent 100% de la variation de données dont plus de 80% pour PC1 (ii) les échantillons forment 3 sous-groupes différents (Figure 1) constitués des sols de forêt et cultivés en canne à sucre depuis 2 ans (A), des sols depuis 4 ans (B), et des sols cultivés depuis 4 à 6 ans (C). On note aussi que les caractéristiques spectrales des sols ont changé en fonction de l'intensification de l'usage de la terre.

Pour le modèle NIR-PLS modifié, la meilleure courbe de calibration multivariée a été construite avec l'équation SNV et Detrend (première dérivée), laquelle présente pour SD, SEC, SECV, r^2 , RPD et SECV/SEC des valeurs égales respectivement à 0,5565 ; 0,1296 ;

0,1644 ; 0,9457 ; 3,45 et 1,27 (Figure 1). Dans l'étape de validation, on a obtenu des valeurs de r^2 , SEP, BIAS, SEP(C) égales respectivement à 0,824 ; 0,194 ; 0,025 et 0,193.

Le modèle NIR-PLS développé au Matlab a permis d'obtenir des valeurs de R^2_{cal} , RMSECV (%) et RMSEP (%) égales respectivement à 0,920 ; 0,1762 et 0,141, tandis que le modèle NIR-LS-SVM conduit à R^2_{cal} , RMSECV (%) et RMSEP (%) égaux respectivement à 0,995 ; 0,1318 ; et 0,110. La Figure 2 montre la bonne corrélation entre les valeurs mesurées et prédites par les modèles NIR-PLS et NIR-LS-SVM.

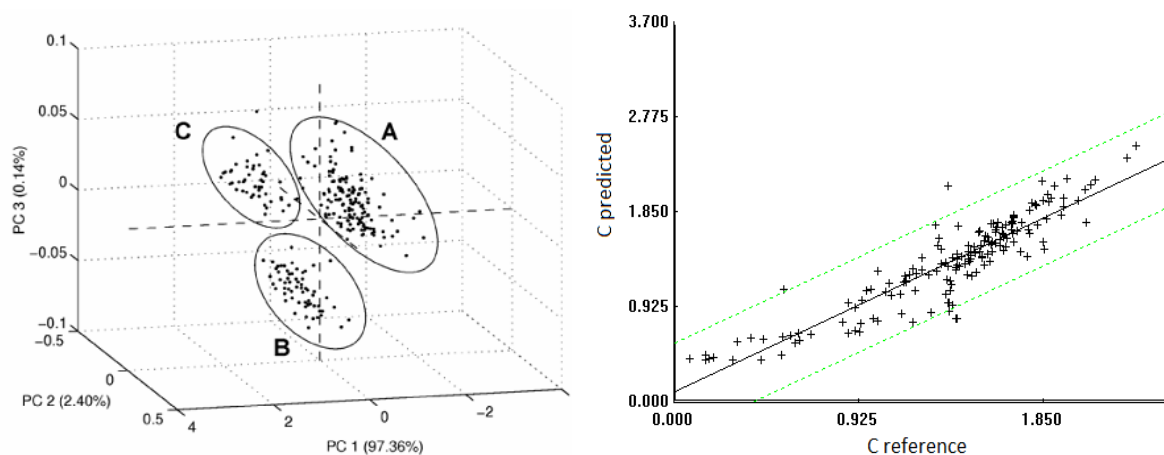


Figure 1: Analyse en composantes principales du Latosol étudié (à gauche) et courbe de calibration NIR-PLS modifiée, développée dans le WinISI II, pour C-total (à droite). Clusters du PCA : (A) sols des zones forestière et cultivées en canne à sucre depuis 2 ans ; (B) sols cultivés depuis 4 ans; et (C) sols cultivés depuis 6 et 8 ans.

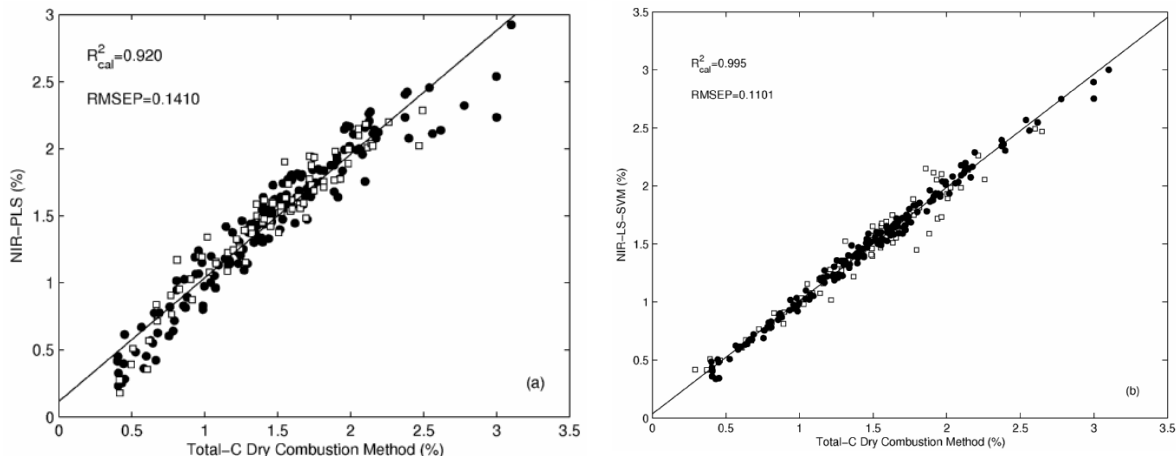


Figure 2: Courbes de calibration du C en NIR-PLS et NIR-LS-SVM dans des échantillons de Latosol collectés dans l'Usine São Martinho, Pradópolis SP.

Conclusion

Apparemment, n'importe lequel des trois modèles générés pourrait être utilisé pour la prédiction de carbone dans les sols étudiés. Cependant, une analyse approfondie met en évidence que le Modèle NIR-LS-SVM présente une précision supérieure et peut être utilisé pour des valeurs extrêmes.

Remerciements

Nous tenons à remercier pour leur contribution financière l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD), la Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) et le Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).