



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS E FLORESTAIS
CURSO DE AGRONOMIA

ANTÔNIO SÁVIO DOS SANTOS

**SORÇÃO DE POTÁSSIO EM SOLOS DO SEMIÁRIDO ESTIMADA PELO
POTÁSSIO REMANESCENTE**

MOSSORÓ

2022

ANTÔNIO SÁVIO DOS SANTOS

**SORÇÃO DE POTÁSSIO EM SOLOS DO SEMIÁRIDO ESTIMADA PELO
POTÁSSIO REMANESCENTE**

Monografia apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-Árido como um dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Fábio Henrique Tavares de Oliveira.

MOSSORÓ

2022

©Todos os direitos estão reservados à Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996, e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata, exceto as pesquisas que estejam vinculadas ao processo de patenteamento. Esta investigação será base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) seja devidamente citado e mencionado os seus créditos bibliográficos.

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Bibliotecas
da Universidade Federal Rural do Semiárido, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S237s Santos, Antônio Sávio dos.
Sorção de potássio em solos do semiárido
estimada pelo potássio remanescente / Antônio
Sávio dos Santos. - 2022.
29 f. : il.

Orientador: Fábio Henrique Tavares de Oliveira.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Agronomia, 2022.

1. fixação de K. 2. poder tampão. 3.
disponibilidade. I. Oliveira, Fábio Henrique
Tavares de, orient. II. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semiárido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

ANTÔNIO SÁVIO DOS SANTOS

**SORÇÃO DE POTÁSSIO EM SOLOS DO SEMIÁRIDO ESTIMADA PELO
POTÁSSIO REMANESCENTE**

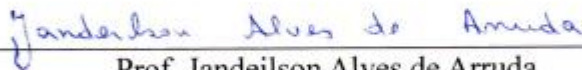
Monografia apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Defendida em: 14/06/2022

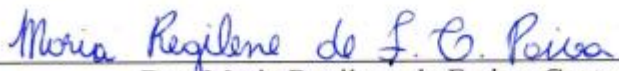
BANCA EXAMINADORA



Prof. Fábio Henrique Tavares de Oliveira
Orientador do trabalho e presidente da Banca Examinadora



Prof. Jandeilson Alves de Arruda
Examinador



Dra. Maria Regilene de Freitas Costa Paiva
Examinadora

“Porque o Senhor dá a sabedoria, e da sua boca
vem a inteligência e o entendimento.”

Provérbios 2:6

AGRADECIMENTOS

A Deus, no qual todas as coisas subsistem, pela graça e misericórdia que tem me acompanhado desde sempre.

À minha esposa Hayanne que esteve comigo em todos os momentos.

Ao professor Fábio Henrique pela oportunidade, orientação e ensinamentos que tornaram possível a realização deste trabalho.

À Universidade Federal Rural do Semi-Árido.

À Maria Regilene pela disponibilidade em participar da banca.

A todos os outros professores que moldaram meu modo de ver, pensar e fazer ciência: Daniel Passos, Fabrício Oliveira, Maurício Godoy, Roberto Pequeno, Jeferson Dombroski, José Torres, Jeane Portela, Carolina Malala, Ioná Holanda, Daniel Valadão, Sérgio Weine, Josemir Gonçalves e, por último e não menos importante, ao professor Jandeilson Alves de Arruda, o qual tenho imensa gratidão e admiração por ter sido meu professor quase que diariamente no laboratório de fertilidade do solo nesses últimos três anos.

Aos meus colegas, sem os quais eu não teria chegado até aqui: Abidnego Medeiros, Abner Palhares, Dráuzio Araújo, Edilson Oliveira, Gthielly Fernandes, Karen Oliveira, Larissa Bezerra, Luan Gabriel e Mário Costa. Muito obrigado a todos vocês.

RESUMO

Nos solos do semiárido a dinâmica do potássio (K) é pouco conhecida, principalmente quanto aos processos de sorção desse nutriente na fase sólida do solo, especialmente em solos com teores elevados de argilas do tipo 2:1. Na interpretação da análise de solo para K, algumas tabelas têm utilizado a CTC do solo como uma medida do poder tampão de potássio (PTK). Porém, faz-se necessário que se utilize uma medida que reflita melhor o PTK, e que seja facilmente adotada nos laboratórios de rotina de fertilidade do solo. No presente trabalho teve-se como objetivo propor a utilização do K remanescente (K-rem) em solos do semiárido, como um estimador do PTK e da capacidade de sorção de K do solo. Foram utilizadas amostras de dez solos representativos da região semiárida compreendida entre os rios Piranhas/Açu (RN) e Jaguaribe (CE). Em cada solo, a quantificação do K-rem foi feita utilizando uma solução de CaCl_2 a $0,01 \text{ mol L}^{-1}$ contendo cinco concentrações de K (25, 50, 75, 100 e 200 mg L^{-1}), com relação solo:solução de 1:10, e agitação de cinco minutos. O K foi dosado por fotometria de chama, sendo a concentração final de K no extrato considerada o K-rem. Os maiores valores de K-rem foram verificados nos solos RQ, LVA e PVA1, evidenciando baixa capacidade de sorção de K e baixo PTK nesses solos, e os menores valores de K-rem para os solos CX3, VX e MD, os quais são mais argilosos, têm maior CTC e possuem fração argila com maior presença de minerais do tipo 2:1. O K-rem, em todas as concentrações testadas, apresentou correlação negativa elevada com os teores de matéria orgânica e de argila dos solos e, principalmente, com a CTC dos solos. Porém, a concentração de 75 mg L^{-1} é a mais recomendada para a utilização do K-rem em laboratórios de rotina. Assim, conclui-se que o K-rem é um estimador eficiente do PTK e da capacidade de sorção de K dos solos estudados.

Palavras-chave: fixação de K; poder tampão; disponibilidade.

ABSTRACT

In semi-arid soils, the dynamics of potassium (K) is poorly known, especially regarding the sorption processes of this nutrient in the solid phase of the soil, especially in soils with high levels of 2:1 clays. In interpreting soil analysis for K, some tables have used soil CTC as a measure of the buffering power of potassium (PTK). However, it is necessary to use a measure that better reflects the PTK, and that is easily adopted in routine soil fertility laboratories. In the present work, the objective was to propose the use of remaining K (K-rem) in semi-arid soils, as an estimator of PTK and soil K sorption capacity. Samples from ten representative soils of the semi-arid region between the Piranhas/Açu (RN) and Jaguaribe (CE) rivers were used. In each soil, K-rem quantification was performed using a 0.01 mol L⁻¹ CaCl₂ solution containing five K concentrations (25, 50, 75, 100 and 200 mg L⁻¹), with respect to soil: 1:10 solution, and stirring for five minutes. K was measured by flame photometry, and the final concentration of K in the extract was considered the K-rem. The highest K-rem values were found in RQ, LVA and PVA1 soils, showing low K sorption capacity and low PTK in these soils, and the lowest K-rem values for CX3, VX and MD soils, which are clayey, have a higher CEC and have a clay fraction with a greater presence of 2:1 type minerals. K-rem, in all tested concentrations, showed a high negative correlation with soil organic matter and clay contents and, mainly, with soil CEC. However, the concentration of 75 mg L⁻¹ is the most recommended for the use of K-rem in routine laboratories. Thus, it is concluded that K-rem is an efficient estimator of PTK and K sorption capacity of the studied soils.

Keywords: K fixation; buffering capacity; availability.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Solos utilizados no trabalho e municípios de coleta.....	15
Tabela 2	– Atributos físicos e químicos de dez solos do semiárido brasileiro.....	16
Tabela 3	– Valores do K-rem e coeficientes de variação (CV) para cada solo em função da concentração inicial de K.....	19
Tabela 4	– Agrupamento de solos em função do K-rem na concentração de 75 mg L ⁻¹	21
Tabela 5	– Correlações do K-rem para cada atributo do solo em cada concentração.....	22

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	REVISÃO DE LITERATURA	12
3	MATERIAL E MÉTODOS	15
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	24
	REFERÊNCIAS	25

1 INTRODUÇÃO

O potássio (K) possui papel de grande importância no desenvolvimento e na fisiologia das plantas principalmente no que tange aos processos ligados ao metabolismo (ZORB; SENBAYRAMB; PEITER, 2014). Seu suprimento para a planta pode variar em função de algumas características do solo, tais como as formas de K presente no solo, mineralogia, capacidade de troca catiônica (CTC) (ROSOLEM et al., 2012) e interação com outros cátions (VELOSO et al., 2001). Esses fatores influenciam sua atividade na solução do solo de modo que afetará sua condução até o contato com a raiz e sua absorção pela planta (MALAVOLTA, 2006).

No solo, o K está presente em várias formas com diferentes graus de disponibilidade, podendo ser classificado em quatro frações que diferem quanto ao modo e energia de ligação com a fase sólida: K estrutural (K_{ES}), K não-trocável (K_{NT}), K trocável (K_T) e K solução (K_S) (SPARKS; HUANG, 1985). Ernani et al. (2007) afirmam que, dentre essas frações, o K_T , ou K disponível, é a mais significativa em relação a nutrição das plantas porque esta repõe rapidamente o K retirado da solução do solo, sendo assim uma reserva imediata para as plantas. Para fins de avaliação da fertilidade do solo, normalmente se utiliza o K disponível. Alvarez (1996) define essa fração como a quantidade de K extraída do solo que se correlaciona com a quantidade de K absorvida pela planta ou também com a sua produção de matéria seca. Para a fração trocável, a extração é feita pelo acetato de amônio ($AcNH_4$) a pH 7,0 (METSON, 1956), porém, por motivos de praticidade utiliza-se em laboratórios de rotina outros extratores como o Mehlich-1 (TEIXEIRA et al., 2017) e resina troca iônica mista (RAIJ et al., 2001).

A maior parte do Brasil é constituída por solos com minerais muito intemperizados, porém, existem aqueles que possuem minerais menos intemperizados em que a dinâmica do K é pouco conhecida, principalmente no semiárido nordestino onde existe grande pedodiversidade, ocorrendo tanto solos desenvolvidos, com mineralogia caulínica-oxítica, quanto pouco desenvolvidos, apresentando minerais silicatados do tipo 2:1. Estes, apesar de serem encontrados em menor quantidade em comparação aos primeiros, são muito importantes e bastante utilizados na agricultura dessa região (OLIVEIRA; HOLANDA, 2017). Devido ao fato desses solos serem bastante distintos, possuindo diferenças nos atributos químicos, físicos e mineralógicos, possivelmente a dinâmica do K nesses dois pedossistemas seja divergente.

Estudando solos com minerais menos intemperizados, diversos autores têm observado que alguns extratores químicos perdem a eficiência na capacidade de extração do K disponível, principalmente naqueles mais argilosos, com maior CTC e presença de minerais 2:1 (COX et

al., 1999; MEDEIROS et al., 2010; STEINER, 2014; GIANELLO; AMORIM, 2015; AMORIM et al., 2021), provavelmente devido ao fator capacidade de K, também conhecido por poder tampão de K (PTK) (SANTOS et al., 2013).

Cox et al. (1999), estudando a eficiência de extratores, constataram que somente a obtenção do K disponível não é suficiente para estimar a disponibilidade de K em solos com presença de minerais 2:1 com PTK elevado, principalmente naqueles ricos em ilita, necessitando analisar o teor desse elemento em conjunto com a CTC. Medeiros et al. (2010), estudando a eficiência de extratores em solos do Estado da Paraíba, verificaram que o extrator Mehlich-1 foi eficiente para todos os solos pela sua boa correlação com o K acumulado pela planta. No entanto, a quantidade de K extraído pela resina de troca iônica mista não teve boa relação com o K trocável (extraído pelo AcNH_4 a pH 7,0) nem com o K absorvido pela planta nos solos com maior presença de minerais do tipo 2:1.

Para superar essa dificuldade e melhorar a previsibilidade da disponibilidade de K pelos extratores químicos, diversos autores (LOBATO; SOUSA, 2004; MONTROYA et al., 2007; CQFSRS/SC, 2016; AMORIM et al., 2021) têm sugerido a separação e agrupamento de solos com base no PTK ou com características do solo que se relacionem como o mesmo, a exemplo da CTC, do teor e tipo de argila e da capacidade máxima de sorção de K.

Estratégia semelhante tem sido utilizada para fósforo, tendo em vista que os extratores utilizados para a quantificação da disponibilidade desse elemento também são sensíveis ao fator capacidade de fósforo (FCP) (NOVAIS; SMITH, 1999), sendo o teor de argila e o fósforo remanescente (P-rem) os atributos mais utilizados para essa finalidade (RIBEIRO et al., 1999). Apesar disso, diversos autores têm sugerido o uso do P-rem, pois ele é dependente do teor e do tipo de argila, refletindo melhor as características de sorção e do poder tampão de fosfato (ALVAREZ et al., 2000; LISBOA et al., 2012; ARRUDA et al., 2017).

Diante do exposto, é de se esperar que uma medida que reflita a capacidade sortiva de K e que se relacione com o PTK, de modo semelhante ao P-rem, traga resultados satisfatórios na interpretação da disponibilidade do elemento e consequentemente a otimização na recomendação da adubação potássica. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi quantificar o K remanescente (K-rem) em solos do semiárido e correlacioná-lo com atributos do solo que refletem o PTK.

2 REVISÃO DE LITERATURA

O K é um macronutriente essencial ao desenvolvimento vegetal, atuando ativamente no metabolismo e realizando diversas funções (MALAVOLTA; CROCOMO, 1982). Nas plantas ele não forma nenhum composto estrutural orgânico encontrando-se livre na forma iônica (K^+) (TAIZ; ZEIGER, 2017) exercendo várias funções importantes tais como a turgidez celular, equilíbrio iônico, ativação de enzimas relacionadas a respiração e fotossíntese, regulação do processo de abertura e fechamento de estômatos, resistência à seca, salinidade e proteção contra doenças (MALAVOLTA, 1980; DAVIS et al., 1997).

No solo, o K pode ser dividido em quatro formas: K estrutural (K_{ES}), K não-trocável (K_{NT}), K trocável (K_T) e K solução (K_S) (SPARKS; HUANG, 1985). O K_{ES} compreende cerca de 98% do K presente no solo e é encontrado quase em sua totalidade fortemente ligado à estrutura dos minerais primários e secundários, tais como as micas e os feldspatos que são as fontes mais comuns dessa fração (DIEST, 1987). Sua liberação é muito lenta do ponto de vista da necessidade da maioria das culturas, pois necessita dos processos de intemperização do mineral (ERNANI et al., 2007). Como a intemperização é um processo lento, as quantidades liberadas por esse mecanismo são, na maioria dos solos, pequenas e insuficientes para suprir a demanda da planta, especialmente àquelas de ciclo curto. Entretanto, o K estrutural pode representar uma importante fonte de K para as espécies nativas e florestais que tem exigências nutricionais a médio e em longo prazo (ERNANI et al., 2007).

O K_{NT} é constituído por uma pequena fração do K_{ES} facilmente dissolvida em acidez juntamente com o K fixado (K_F) nos poros ditrigonais dos minerais de argila 2:1, principalmente illita e vermiculita (MIELNICZUK; SELBACH, 1978; SILVA et al., 1995) que são argilominerais predominantes em regiões de clima seco e com pouca precipitação (CORRÊA et al., 2003), que é a realidade do semiárido brasileiro. No K_F , a natureza da ligação com os minerais é bastante forte (SONG; HUANG, 1988), pois o K é atraído tanto pela eletronegatividade do tetraedro de silício como pelo poro ditrigonal, o qual possui diâmetro semelhante ao íon hidratado do K (MARTIN; SPARKS, 1985).

A liberação dessa fração depende de alguns fatores, tais como a mineralogia (COX et al., 1999) e os teores do K_T e do K_S (SILVA; MEURER., 1988; NACHTIGALL; VAHL, 1991a). O K_{NT} repõe o K_T quando seu teor diminui, seja pela sua absorção pelas plantas ou pelo processo de lixiviação. Em outras palavras, a medida com que diminui os teores de K_T e K_S , o equilíbrio é deslocado no sentido de liberar o K_{NT} na solução do solo (ROSOLEM et al., 2012). Apesar de ser considerado uma reserva de médio a longo prazo, diversos trabalhos têm

mostrado que o K_{NT} tem contribuído significativamente para a nutrição das plantas (PATELLA, 1980; NACHTIGALL; VAHL, 1991a, 1991b; MELO et al, 1995; SIMONETE et al., 2002; FRAGA et al., 2009) principalmente quando o K trocável é baixo (NACHTIGALL; VALL, 1991b; SILVA et al., 1995) e em solos com teores substanciais de minerais do tipo 2:1 (COX et al., 1999).

O K_T se refere ao K adsorvido à superfície dos coloides minerais e orgânicos. Ele tem sido um bom índice, em solos tropicais, para prever a capacidade de suprimento de K dos solos com reserva disponível em curto prazo. Entretanto, essa fração, responsável pela disponibilidade imediata para as plantas, não é capaz de manter a produtividade a médio ou em longo prazo havendo rápida queda na produção de matéria seca logo após o primeiro cultivo (MOTERLE et al., 2005).

O K_S corresponde aos íons K^+ dissolvidos na solução do solo, livre das forças de atração eletrostáticas (SPARKS, 2000). Mesmo sendo a primeira a ser acessada pelas plantas, a reserva potássica dessa fração é de baixa importância no nível de suprimento as culturas, pois constitui aproximadamente 0,1 a 0,2% do K total do solo (ERNANI et al., 2007).

Entre essas frações existe um equilíbrio dinâmico, fazendo com que a concentração de K_S , também chamado de fator intensidade de K (I), seja repostada pelo K_T , ou fator quantidade de K (Q) (BECKETT, 1964; SILVA et al., 2000). De forma semelhante observa-se que o déficit do teor do K_T é repostado pelo K_{NT} , no entanto, essa reação é bem mais demorada (NACHTIGALL; VAHL, 1991b). Além do conhecimento dos fatores Q e I, é importante entender a interação existente entre esses dois fatores, dada pela relação Q/I a qual constitui o PTK. Este mantém constante a concentração de K na solução do solo na medida em que o K é adicionado por uma adubação potássica ou retirado, seja por absorção das plantas ou lixiviado. Ele regula o equilíbrio entre as frações de K, evitando variações bruscas do elemento na solução do solo, seja para mais ou para menos (GOEDERT et al., 1975; MIELNICZUK, 1982) de maneira que o PTK mantém baixas concentrações de K_S .

Existem algumas características disponíveis na análise de solo que se correlacionam com o PTK, de modo que seria mais interessante a utilização dessas características, a fim de tentar mensurar esse fenômeno, por serem mais práticas e simples, como por exemplo a CTC (MONTROYA et al., 2007). Solos com elevada CTC tem maior PTK, sendo o inverso verdadeiro. Além da CTC, o PTK depende também de alguns outros fatores, tais como teor e mineralogia argila e Matéria orgânica do solo (MOS) (GIANELLO; MIELNICZUK, 1981; MIELNICZUK, 1982; BRAGA; YAMADA, 1984). Devido a esses fatores que influenciam a dinâmica de K nos solos, existem trabalhos que quantificam parâmetros como a capacidade

máxima de sorção de potássio (CMSK) e o PTK, a fim de melhorar a eficiência da recomendação da adubação potássica. Existem métodos que medem especificamente esses fenômenos, de modo que diversos trabalhos tem sido realizados nesse sentido (SILVA et al., 2000; DU et al., 2004; MONTOYA et al., 2007; SANTOS et al., 2013; CHAVES et al., 2019), porém esses procedimentos são bastante complexos e demandam muito tempo, tornando-os inviáveis aos laboratórios de rotina.

Em relação a essa mesma problemática, para o fósforo (P), tem sido utilizada a análise do fósforo remanescente (P-rem) (ALVAREZ et al., 2000). Conceituado por Donagemma et al. (2008) o P-rem é a medida da quantidade de P que permanece em solução de equilíbrio em resposta a uma concentração de P adicionada ao solo. Ele também é conhecido como “isoterma de ponto único” porque representa apenas um ponto dentro de vários possíveis em uma determinação da capacidade máxima de adsorção de fósforo (CMAP), de tal maneira que ele pode ser considerado como uma medida indireta que se correlaciona com a CMAP, a qual também se correlaciona com o FCP (ALVAREZ et al., 2000; LISBOA et al., 2012; ARRUDA et al., 2017). Além disso, essa análise ajuda na recomendação de P quando se utiliza extratores sensíveis ao FCP.

Isto posto, acredita-se que utilizando essa metodologia para o K, seja possível estimar essas características significantes para a compreensão tanto da dinâmica do K no solo, quanto aperfeiçoar a interpretação desse nutriente e consequentemente melhorar a recomendação da adubação potássica.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização do trabalho foram utilizados dez solos localizados entre os Vales dos Rios Piranhas-Açu (RN) e Jaguaribe (CE) que diferiam quanto ao material de origem (Tabela 1), grau de desenvolvimento pedogenético, bem como em relação aos teores de K presente nos mesmos, os quais foram selecionados com base na sua ocorrência e importância agrícola, conforme BRASIL (1971; 1973). Foram coletadas amostras na camada 0-30 cm de profundidade.

Tabela 1. Solos utilizados no trabalho e municípios de coleta.

Solo	Mat. de origem	Município
Neossolo Quartzarênico (RQ)	Arenito	Russas (CE)
Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA)	Grupo Barreiras	Mossoró (RN)
Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA1)	Grupo Barreiras	Mossoró (RN)
Neossolo Flúvico (RY)	Sedimentos Aluviais	Carnaubais (RN)
Cambissolo Háplico (CX1)	Calcário	Afonso Bezerra (RN)
Chernossolo Rêndzico (MD)	Calcário	Mossoró (RN)
Cambissolo Háplico (CX2)	Calcário	Baraúna (RN)
Cambissolo Háplico (CX3)	Calcário	Quixeré (CE)
Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA2)	Calcário	Apodi (RN)
Vertissolo Háplico (VX)	Calcário	Mossoró (RN)

Fonte: Dados da pesquisa

Após coleta, os solos foram secos ao ar, passados por peneira de 2 mm de malha e caracterizados química e fisicamente conforme Teixeira et al. (2017) (Tabela 2). Para a escolha dos solos, foi levado em consideração sua expressão geográfica (extensão territorial) e a importância na agricultura local. Com predominância do bioma caatinga, essa região, tanto no Rio Grande do Norte, quanto no Ceará, se destaca na prática da agricultura de sequeiro e principalmente da agricultura irrigada, com ênfase nas culturas da bananeira, melão, melancia e milho, as quais são bastante exigentes em K.

Tabela 2. Atributos físicos e químicos de dez solos do semiárido brasileiro ⁽¹⁾

Atributos	Solo ⁽²⁾									
	RQ	LVA	PVA1	RY	CX1	MD	CX2	CX3	PVA2	VX
Areia (g kg ⁻¹)	920	940	850	640	680	290	660	380	520	290
Silte (g kg ⁻¹)	40	10	20	220	70	160	70	220	90	320
Argila (g kg ⁻¹)	40	50	130	140	250	550	270	400	390	390
MOS ⁽³⁾ (g kg ⁻¹)	5,1	2,4	7,5	6,2	9,1	14,4	9,4	11,0	5,5	7,0
DS (kg dm ⁻³)	1,64	1,59	1,57	1,35	1,39	1,2	1,42	1,37	1,38	1,28
CMSP (mg g ⁻¹)	0,050	0,087	0,101	0,077	0,383	0,880	0,436	0,884	0,454	0,774
P-rem (mg L ⁻¹)	57,9	58,8	52,1	49,1	22,7	12,1	33,0	11,6	25,9	18,1
pH	5,6	4,6	4,1	6,5	6,7	7,6	6,6	6,7	7,5	8,0
P ⁽⁴⁾ (mg dm ⁻³)	5,0	3,3	4,2	60,7	2,0	3,1	4,5	4,8	3,7	1,6
K (mg dm ⁻³)	53,3	16,7	35,7	137,3	184,3	185,8	144,8	149,5	233,9	64,0
Na (mg dm ⁻³)	8,5	7,6	20,1	133,1	20,9	47,1	54,0	116,3	40,0	76,2
Ca ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,89	0,24	0,74	6,94	12,23	40,33	6,04	11,5	9,33	35,7
Mg ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,73	0,25	0,29	3,1	1,68	4,77	1,17	1,29	3,03	5,6
Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,10	0,24	0,61	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
H+Al (cmol _c dm ⁻³)	1,71	1,23	4,02	1,19	1,81	0,15	1,58	1,97	0,13	0,00
SB (cmol _c dm ⁻³)	1,79	0,56	1,20	10,97	14,47	45,78	7,81	13,68	13,13	41,83
t (cmol _c dm ⁻³)	1,89	0,80	1,81	10,97	14,47	45,78	7,81	13,68	13,13	41,80
CTC (cmol _c dm ⁻³)	3,50	1,79	5,22	12,16	16,28	45,93	9,39	15,65	13,26	41,80
V (%)	51	31	23	90	89	100	83	87	99	100
m (%)	5	30	34	0	0	0	0	0	0	0
PST (%)	1	2	2	5	1	0	3	3	1	1

⁽¹⁾ Análises químicas e físicas realizadas de acordo Teixeira et al. (2017). ⁽²⁾ RQ = Neossolo Quartzarênico (Russas-CE); LVA = Latossolo Vermelho-Amarelo (Mossoró-RN); PVA1 = Argissolo Vermelho-Amarelo (Mossoró-RN); RY = Neossolo Flúvico (Carnaubais-RN); CX1 = Cambissolo Háplico (Afonso Bezerra-RN); MD = Chernossolo Rêndzico (Mossoró-RN); CX2 = Cambissolo Háplico (Baraúna-RN); CX3 = Cambissolo Háplico (Quixeré-CE); PVA2 = Argissolo Vermelho-Amarelo (Apodi-RN); VX = Vertissolo Háplico (Mossoró-RN). ⁽³⁾ Matéria orgânica do solo. ⁽⁴⁾ P-Mehlich-1.

O K-rem foi quantificado conforme o método descrito por Alvarez et al. (2000) utilizada para a quantificação do P-rem, adaptado para o K. Dessa forma, foram colocados 5 cm³ de terra fina seca ao ar (TFSA) em erlenmeyers com 50 mL de uma solução de CaCl₂ 10 mmol L⁻¹ contendo cinco concentrações de K, 25, 50, 75, 100 e 200 mg L⁻¹. Os erlenmeyers foram agitados durante cinco minutos em agitador orbital e deixados em repouso para decantação do solo durante 16 horas. Após esse período, o K da solução de equilíbrio foi quantificado por fotometria de chama. Assim, o K-rem corresponde à concentração de K que permanece na solução após o equilíbrio. Os valores do K-rem foram submetidos a análises estatísticas descritivas e correlacionados com as características dos solos que refletem o PTK.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os solos situados entre os vales dos rios Piranhas-Açu (RN) e Jaguaribe (CE) diferiram bastante quanto aos atributos químicos e físicos, em razão dos diferentes materiais dos quais foram originados (Tabela 1). O RQ, proveniente do arenito, mostrou-se pobre quimicamente, ligeiramente ácido, sendo constituído em sua quase totalidade de areia (920 g kg^{-1}), e por consequência, classificado texturalmente como arenoso, sendo sua CTC efetiva muito pequena ($1,89 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$). Semelhantes a este, foram os solos LVA (arenoso) e PVA1 (areia franca), advindos do grupo barreiras, possuindo baixo pH, acidez potencial e saturação por alumínio elevadas. O RY, formado a partir dos sedimentos aluviais apresenta teor alto de saturação por bases (V) e CTC, sendo esta última um pouco mais elevada em relação aos anteriores, sendo considerada como boa conforme a Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (RIBEIRO et al., 1999). O restante dos solos, advém de rochas calcáreas, apresentando teores elevados de argila, pH (variando entre 6,6 e 8,0), V e CTC, principalmente nos solos MD e VX provavelmente devido aos seus teores de argila e sua mineralogia, havendo predomínio de minerais 2:1.

Os valores de K-rem (Tabela 3), independente da concentração inicial de K, variaram bastante entre os solos estudados, sendo os maiores valores verificados para os solos RQ, LVA e PVA1, e os menores para os solos CX3, VX e MD. Essa variação é reflexo dos atributos químicos, físicos (Tabela 2) e mineralógicos dos solos, o que resultam em diferentes capacidades de sorção e PTK.

Para o primeiro grupo de solos citados, os valores de K-rem ficaram muito próximos ou acima da concentração inicial de K utilizada, evidenciando baixa capacidade de sorção e baixo PTK, em razão dos baixos teores de argila e matéria orgânica, resultando em pequena CTC (Tabela 2). Apesar disso, as diferenças são muito pequenas e devem estar relacionadas ao processo de quantificação da concentração de K (sobretudo ao fator de diluição da amostra) ou ao limite de detecção do método utilizado (fotometria de chama). Outra possibilidade, é de ter havido pequena dessorção de K em razão da troca de K^+ por Ca^{2+} no complexo de troca, tendo em vista que a solução empregada possui $\text{CaCl}_2 \text{ } 10 \text{ mmol L}^{-1}$. Essa hipótese ganha força quando se verifica que o maior incremento na concentração final foi verificado para o solo RQ (aumento de 7,6%), que apresenta maior teor de K disponível (57 mg dm^{-3}) em relação ao LVA e PVA1, o que explicaria a maior dessorção de K.

Tabela 3. Valores de potássio remanescente (K-rem) em função da concentração inicial de K, nos solos estudados

Solo ⁽¹⁾	Concentração Inicial de K (mg L ⁻¹)				
	25	50	75	100	200
RQ	26,91	52,34	75,06	97,40	201,65
LVA	24,85	50,36	73,96	96,35	200,22
PVA1	25,57	51,95	73,41	95,82	198,08
CX2	26,25	44,60	61,33	74,73	158,85
PVA2	25,68	44,40	60,24	74,73	156,00
RY	23,21	42,21	58,04	74,20	156,00
CX1	18,47	33,68	47,61	62,60	137,46
CX3	13,74	29,50	43,22	56,80	133,89
VX	11,44	19,22	25,67	32,57	72,00
MD	8,97	15,35	21,10	28,22	64,90
Média	20,51	38,36	53,96	69,34	147,91
S ⁽²⁾	6,81	13,38	19,35	24,82	48,71
CV (%)	33,22	34,87	35,86	35,8	32,93

⁽¹⁾ RQ = Neossolo Quartzarênico (Russas-CE); LVA = Latossolo Vermelho-Amarelo (Mossoró-RN); PVA1 = Argissolo Vermelho-Amarelo (Mossoró-RN); RY = Neossolo Flúvico (Carnaubais-RN); CX1 = Cambissolo Háplico (Afonso Bezerra-RN); MD = Chernossolo Rêndzico (Mossoró-RN); CX2 = Cambissolo Háplico (Baraúna-RN); CX3 = Cambissolo Háplico (Quixerê-CE); PVA2 = Argissolo Vermelho-Amarelo (Apodi-RN); VX = Vertissolo Háplico (Mossoró-RN). ⁽²⁾ Desvio padrão.

Os solos CX3, VX e MD apresentaram os menores valores de K-rem, o que mostra que esses solos possuem alto PTK, possivelmente por serem os solos mais argilosos, com maior CTC em relação aos demais e por possuírem em sua mineralogia argilas do tipo 2:1 como citado anteriormente, indicando que adubações potássicas não terão grande influência sobre o K_s, tendo em vista que o PTK mantém baixas concentrações de K_s (SANTOS et al., 2013).

Nos solos PVA1 e RY, os quais possuem praticamente os mesmos teores de argila (130 e 140 g kg⁻¹ respectivamente) verificou-se divergência quanto à sorção de K. O RY apresentou valor de K-rem 58,04 mg L⁻¹ e o PVA1 73,41 mg L⁻¹, ambos na concentração de 75 mg L⁻¹, sendo a diferença cerca de 20%, evidenciando que a mineralogia da fração argila do RY apresentou maior sorção de K devido a presença de minerais 2:1. Semelhante a esses dois solos, observa-se o mesmo comportamento em relação aos solos PVA2 e VX, onde os dois possuem 390 g kg⁻¹ de argila, porém o primeiro sorveu em média, cerca de 20% e o segundo cerca 66%,

também na concentração de 75 mg L^{-1} , sendo essa diferença cerca de três vezes maior. Esses resultados indicam que solos com teores de argila semelhantes podem apresentar diferentes capacidades de sorção de K, visto que os processos de sorção do elemento dependem não somente do teor de argila, mas também da mineralogia (CHAVES; KINJO, 1987) e que o K-rem pode refletir melhor as diferenças nas capacidades sortivas dos solos do que o teor de argila isoladamente.

Considerando essa variação na capacidade sortiva e PTK dos solos, reflexo dos seus atributos químicos, físicos e mineralógicos, é possível comparar diferentes concentrações a fim de selecionar aquela que melhor represente o fenômeno e que apresente maior praticidade do ponto de vista operacional a nível de laboratório de rotina. Essa comparação pode ser feita ao se observar os coeficientes de variação (CV) dos valores de K-rem para cada concentração estudada, pois ele irá expressar a variabilidade entre os solos, de modo que quanto maior for o seu valor, mais eficiente ela será em avaliar as diferenças na sorção de K e no PTK entre os solos.

Os valores de CV foram muito próximos entre as concentrações avaliadas, variando de 33%, na concentração de 200 mg L^{-1} , a 36%, na concentração de 75 mg L^{-1} (Tabela 3). Apesar da pouca diferença nos valores de CV entre as concentrações estudadas, a ocorrência de concentrações finais maiores do que as inicialmente aplicadas ao solo nas menores concentrações (25 e 50 mg L^{-1}) indicam que nelas a quantidade de K é muito pequena para competir pelos sítios de troca com os íons de Ca presentes na solução de CaCl_2 10 mmol L^{-1} , utilizada para padronização da força iônica. Assim, ao fazer uso dessas duas concentrações, haverá maior probabilidade de haver dessorção de K para solos com baixo PTK ou maiores teores de K disponível.

Para o P, Novais; Smith (1999) abordam a problemática em se utilizar baixas concentrações (20 a 30 mg L^{-1} , por exemplo) na solução de equilíbrio para o P-rem. A utilização de pequenas concentrações de P em solos com diferentes FCP levariam a interpretações equivocadas e imprecisas, pois mesmo que esses solos apresentem diferenças quanto aos processos de sorção de P, seus valores de P-rem seriam semelhantes e próximos de zero, não sendo possível mensurar as reais diferenças entre os seus parâmetros de sorção como a CMSP e o FCP. Por isso, Alvarez et al. (2000) recomenda a utilização de concentrações maiores, a saber, 60 mg L^{-1} de P, com o intuito de obter maiores amplitudes de separação entre os solos a fim de compará-los.

Em relação ao K-rem, por outro lado, soluções mais elevadas como 100 e 200 mg L^{-1} resultam em concentrações finais nas suspensões maiores, o que gera a necessidade de maior

diluição, a fim de mantê-las dentro do intervalo de leitura das curvas de calibração normalmente utilizadas nos laboratórios. Isso gera maior gasto com reagentes e água destilada ou deionizada, além de deixar o processo mais laborioso na tomada de alíquotas diferentes para diluição, o que pode resultar em maior risco de erro analítico.

Diante do exposto, a concentração inicial de 75 mg L^{-1} de K parece ser a mais indicada, pois reflete melhor as diferenças na sorção de K e no PTK entre os solos estudados, tendo em vista o maior CV, não trazendo a necessidade de grandes diluições das amostras para realização da leitura. Além disso, pensando na realização de forma conjunta da análise do K-rem com o P-rem, essa concentração é a mais recomendada, pois o método padrão para análise de P-rem recomenda o preparo da solução de 60 mg L^{-1} de P na forma de KH_2PO_4 , que contém K. Ao preparar essa solução, a concentração de K é de $75,76 \text{ mg L}^{-1}$, muito próxima de 75 mg L^{-1} , de modo que não há necessidade de modificação ou adaptação no método já consagrado para P-rem, sendo necessária apenas a leitura do K na mesma solução.

A partir dessa concentração buscou-se estabelecer agrupamentos conforme o valor de K-rem, a fim de compará-los dentro dessas estratificações (Tabela 4).

Tabela 4. Agrupamento dos solos estudados em função do K-rem na concentração de 75 mg L^{-1}

Solo ⁽¹⁾	CTC	K-rem	K sorvido	Interpretação	
				Faixa de K-rem	Sorção de K
	$\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$	mg L^{-1}	%	mg L^{-1}	
RQ	3,5	75,06	-0,08		
LVA	1,79	73,96	1,39	> 65	Muito baixa
PVA1	5,22	73,41	2,12		
CX2	9,39	61,33	18,23		
PVA2	13,26	60,24	19,68	50 - 65	baixa
RY	12,16	58,04	22,61		
CX1	16,28	47,61	36,52		
CX3	15,65	43,22	42,37	30 - 50	Média
VX	41,8	25,67	65,77		
MD	45,93	21,1	71,87	< 30	Alta

⁽¹⁾ RQ = Neossolo Quartzarênico (Russas-CE); LVA = Latossolo Vermelho-Amarelo (Mossoró-RN); PVA1 = Argissolo Vermelho-Amarelo (Mossoró-RN); RY = Neossolo Flúvico (Carnaubais-RN); CX1 = Cambissolo Háplico (Afonso Bezerra-RN); MD = Chernossolo Rêndzico (Mossoró-RN); CX2 = Cambissolo Háplico (Baraúna-RN); CX3 = Cambissolo Háplico (Quixeré-CE); PVA2 = Argissolo Vermelho-Amarelo (Apodi-RN); VX = Vertissolo Háplico (Mossoró-RN).

A classificação proposta na Tabela 4 separa os solos em 4 grupos, de acordo com sua capacidade sortiva: K-rem maior que 65 mg L⁻¹, sorção muito baixa; K-rem entre 50 e 65 mg L⁻¹, sorção baixa; K-rem entre 30 e 50 mg L⁻¹, sorção média; K-rem menor que 30 mg L⁻¹, sorção alta. Essa classificação pode ajudar na estratificação dos solos em classes de disponibilidade de acordo com a sorção de K, o que contribuirá para a otimização da interpretação da disponibilidade de K nesses solos.

O K-rem apresentou, em todas as concentrações iniciais estudadas, elevada correlação negativa com os teores de MOS, silte, argila e, principalmente, com a CTC (Tabela 5), indicando que tanto a MOS, a argila e o silte podem contribuir para a sorção de K nesses solos. Para a concentração de 75 mg L⁻¹ o coeficiente de correlação com a CTC foi de -0,958 e altamente significativa, evidenciando que o K-rem pode ser utilizado como medida do PTK nos solos estudados.

Tabela 5. Correlações do K-rem para cada atributo dos solos em cada concentração

Concentração inicial	Atributos			
mg L ⁻¹	MOS	Silte	Argila	CTC
25	-0,670*	-0,804**	-0,745*	-0,883**
50	-0,706*	-0,825**	-0,844**	-0,949**
75	-0,707*	-0,822**	-0,863**	-0,958**
100	-0,703*	-0,825**	-0,880**	-0,957**
200	-0,675*	-0,811**	-0,869**	-0,974**

*, **: Significância a 5 e 1%, respectivamente.

Diante da correlação elevada entre o K-rem e a CTC, é importante ressaltar que alguns autores, estudando parâmetros de sorção e dinâmica do K no solo, têm mostrado íntima correlação entre a CTC e o PTK. Santos et al. (2013) estudando relações quantidade/intensidade (Q/I) nos solos da Paraíba, encontraram correlação positiva entre o PTK e os teores de silte (0,61*), argila (0,60*) e principalmente com a CTC (0,95**). Estes mesmos resultados concordam com Chaves et al., (2019) os quais mostraram também correlação positiva entre PTK e CTC. Silva et al. (2000) estudando a mesma relação Q/I em diferentes Latossolos, apesar de encontrarem correlação significativa do PTK com as frações argila (0,62*) e silte (0,72*), não observaram o mesmo com a CTC (-0,17^{ns}). Isto ocorreu provavelmente porque a

mineralogia dos solos estudados era constituída de minerais bastante intemperizados (característica dos Latossolos), o que lhes conferem CTC baixa, sendo as amplitudes desses valores variando de 0,4 a 1,8 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$. Esses trabalhos reforçam o fato de que o K-rem, tendo íntima correlação com a CTC, possa ser um bom índice para estimar o PTK dos solos do semi-árido com presença de minerais 2:1.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante dos resultados, conclui-se que:

O K-rem, em todas as concentrações testadas, apresentou correlação negativa elevada com os teores de matéria orgânica e de argila dos solos e, principalmente, com a CTC dos solos.

A concentração de 75 mg L^{-1} é a mais recomendada para a utilização do K-rem em laboratórios de rotina.

O K-rem é um estimador eficiente do PTK e da capacidade de sorção de K dos solos estudados.

REFERÊNCIAS

- ALVAREZ, V. V. H. Correlação e calibração de métodos de análise de solo. *In*: ALVAREZ V. V. H.; FONTES, L.E.F. & FONTES, M.P.F. **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa, MG: SBCS/UFV/DPS, 1996. p.615-646.
- ALVAREZ, V. H. V. *et al.* Determinação e uso do fósforo remanescente. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 25, n. 1, p. 27-32, jan./mar. 2000.
- AMORIM, M. B., ROGERI, D. A., GIANELLO, C. Potassium Available to Corn Plants Extracted by Ammonium acetate, Ammonium Chloride, Mehlich-1 and Mehlich-3 Solutions in Southern Brazilian Soils. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**. v. 52, n. 15, p. 1790-1797, mar. 2021.
- ARRUDA, J. A. *et al.* Fósforo remanescente em solos do Seridó Paraibano. **Revista Principia**, João Pessoa, PB, n. 35, p. 42-49, 2017.
- BECKETT, P.H.T. Studies on soil potassium. II. The “immediated” Q/I relations of labile potassium in the soil. **Journal of Soil Science.**, v.15, p. 9-23, 1964.
- BRAGA, J. M.; YAMADA, T. Uso eficiente de fertilizantes potássicos. *In*: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIZANTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 1, Brasília. **Anais[...]**. Brasília: EMBRAPA, ANDA, POTAFOS, 1984. p 291-322.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Divisão de Pesquisa Pedológica. Convênio de Mapeamento de Solos MA/DNPEA–SUDENE/DRN. **Levantamento Exploratório Reconhecimento de Solos do Estado do Rio Grande do Norte**. Recife, 1971, 531p. (Boletim Técnico, 21).
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Divisão de Pesquisa Pedológica. Convênio de Mapeamento de Solos MA/DNPEA–SUDENE/DRN. **Levantamento Exploratório Reconhecimento de Solos do Estado do Ceará**. Recife, 1973, 301p. (Boletim Técnico, 28).
- CHAVES, L. H. G. *et al.* Uso e manejo na relação quantidade/intensidade e adsorção de potássio em Vertissolo. **Revista de Ciências Agrárias**, 2019,42(3): 638-647
- CHAVES, L. H. G.; KINJO, T. Relação quantidade/intensidade de potássio em solos do trópico semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 11, n. 3, p. 257-261, 1987.
- COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - CQFSRS/SC. **Manual de recomendações de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 11ª ed. Porto Alegre, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul, 2016. 376p

CORRÊA, M. M. *et al.* Atributos físicos, químicos e mineralógicos de solos da região das várzeas de Sousa (PB). **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 27, p. 311-324, 2003.

COX, A.E. *et al.* Plant-available potassium assessment with a modified sodium tetraphyboron method. **Soil Science Society of America Journal**. v. 63 p. 902 – 911, 1999.

DAVIS, R. M. *et al.* **Compendium of lettuce diseases**. California: Academic Press. 1997. 79p.

DIEST, A. V. Soil and plant factors affecting potassium availability. *In: Soil testing plant analysis and fertilizer evaluation for potassium*. 1987 p. 157-166.

DONAGEMMA, G. K. *et al.* Fósforo remanescente em argila e silte retirados de Latossolos após pré-tratamentos na análise textural. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 32, p. 1785-1791, 2008.

DU, Y. J.; HAYASHI, S.; XU, Y. F. Some factors controlling the adsorption of potassium ions on clayey soils. **Applied Clay Science**, v.27, p.209-213, 2004.

ERNANI, P.R.; ALMEIDA, J.A.; SANTOS, F.C. Potássio. *In: NOVAIS, R.F. et al. Fertilidade do solo*. Viçosa: SBCS. p.551-594, 2007.

FRAGA, T. I. *et al.* Suprimento de potássio e mineralogia de solos de várzea sob cultivos sucessivos de arroz irrigado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 3, p. 497-506, 2009.

GIANELLO, C.; M. B. AMORIM. Ammonium chloride solution as an alternative laboratory procedure for exchangeable cations in Southern Brazilian Soils. **Communications in Soil Science and Plant Analysis** v. 46 (S1) p. 94–103, 2015.

GIANELLO, C.; MIELNICZUK, J. Características químicas e físicas do solo que afetam a absorção de potássio por plantas de milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 5, p. 109-114, 1981.

GOEDERT, W.J.; SYER, J.K.; COREY, R.B. Relações quantidade - intensidade de potássio em solo do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 10, p.31-35, 1975.

LISBOA, B. B. *et al.* Determinação do fósforo remanescente como método alternativo à textura na indicação da classe de disponibilidade de fósforo em três solos. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 18, p. 81-84, 2012.

LOBATO, E.; SOUSA, D. M. G. **Cerrado: correção do solo e adubação**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004. 2. ed. 416 p.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo, Agronômica Ceres, 2006. 638p.

MALAVOLTA, E.; CROCOMO, O.J. O potássio e a planta. *In: YAMADA, T. et al. (Ed.) O potássio na agricultura brasileira*. Piracicaba: Instituto da Potassa e Fosfato: Instituto Internacional da Potassa, 1982. p.95-162.

MARTIN, H.W.; SPARKS, D.L. On the behavior of nonexchangeable potassium in soils. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 16, p. 133-162, 1985.

MEDEIROS, J. S. *et al.* F. Eficiência de extratores de potássio disponível em solos do Estado da Paraíba com graus de desenvolvimento pedogenético diferentes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, n.1, p.183-194, 2010.

MELO, V. F. *et al.* Formas de potássio e de magnésio em solos do Rio Grande do Sul, e sua relação com o conteúdo da planta e com a produção em plantios de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.19, p.165-161, 1995

METSON, A.J. **Methods of chemical analysis for survey samples**. Wellington, D.S.I.R., 1956. 207p. (Soil Bureau Bulletin, 12).

MIELNICZUK, J. Avaliação da resposta das culturas ao potássio em ensaios de longa duração, experiências brasileiras. *In*: YAMADA, T.; *et al.* (Ed.). **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba, Instituto da Potassa e Fósforo. Instituto Internacional da Potassa, 1982. p.289-303.

MIELNICZUK, J. **O potássio no solo**. 4. ed. Piracicaba-SP: Instituto da Potassa & Fósforo, 1982. 79p. (Institutos da Potassa & Fósforo. Boletim Técnico, 2).

MIELNICZUK, J.; SELBACH, P.A. Capacidade de suprimento de potássio de seis solos do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.2, p.115-120, 1978.

MONTOYA, R. B. *et al.* Capacidad amortiguadora y cinética de liberación de potasio en suelos. **Agricultura Técnica en México**, v.33, n 1, p.73-81, 2007.

MOTERLE, D.F. *et al.* Contribuição das formas de potássio no suprimento de uma sucessão de cultivos. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 30, Recife, **Anais[...]**. Recife: SBCS, 2005. 3p.

NACHTIGALL, G.R.; VAHL, L.C. Capacidade de suprimento de potássio dos solos da região sul do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 15, p.37-42, 1991a.

NACHTIGALL, G.R.; VAHL, L.C. Dinâmica de liberação de potássio dos solos da região sul do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.15, p. 43-47, 1991b

NOVAIS, R. F.; SMITH, T. J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa, MG: UFV, 1999. 399 p.

OLIVEIRA, F.H.T.; HOLANDA, J.S. Fertilidade dos Solos do Nordeste e do Rio Grande do Norte. Boletim Informativo do NRNE/SBCS, v. 1, n. 2, p.49-51, 2017.

PATELA, J. F. Influência de quinze anos de adubação NPK sobre o rendimento do trigo e algumas propriedades do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, p.31-35, 1980.

RAIJ, B. V. *et al.* **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais.** Campinas: Instituto Agrônomo, SP: 2001. 285 p.

RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais.** Viçosa, MG: CFSEMG/UFV, 1999. 359p.

ROSOLEM, C. A.; VICENTINI, J. P. T. M. M.; STEINER, F. Suprimento de potássio em função da adubação potássica residual em um Latossolo Vermelho do Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 5, p. 1507-1515, 2012.

SANTOS, H. C. *et al.* Relações quantidade/intensidade de potássio em solos representativos do Estado da Paraíba – Brasil. **Revista de Ciências Agrárias.**, v. 56, n. 4, p. 338-346, out./dez. 2013.

SILVA, D.N. *et al.* Mineralogia e formas de potássio em dois Latossolos do Estado do Paraná e suas relações com a disponibilidade para as plantas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.19, p.433- 439, 1995.

SILVA, J. R. T.; MEURER, E. J. Disponibilidade de potássio para as plantas em solos do Rio Grande do Sul em função da capacidade de troca de cátions. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 12, p. 137-142, 1988.

SILVA, I. R. *et al.* Formas, relação quantidade/intensidade e biodisponibilidade de potássio em diferentes latossolos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.10, p.2065-2073, out. 2000

SIMONETE, M. A. *et al.* Efeito residual da adubação potássica do azevém sobre o arroz subsequente em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, n. 3, p. 721-727, 2002.

SONG, S. K.; P. M. HUANG. Dynamics of potassium release from potassium bearing minerals as influenced by oxalic and citric acids. **Soil Science Society of America Journal**. v. 52, n. 2, p. 383–90, 1988.

SPARKS, D.L., Bioavailability of soil potassium. *In*: SUMNER, M.E (ed.) **Handbook of Soil Science**, CRC Press, Boca Raton, FL. 2000. D-38-D-52

SPARKS, D. L.; HUANG, P. M. Physical chemistry of soil potassium. *In*: MUNSON R. D. *et al.* (Ed.) Potassium in Agriculture. **American Society of Agronomy**, Madison, 1985. p. 201-275.

STEINER, F. Balanço de potássio no sistema solo-planta influenciado pela textura e adubação potássica em solos tropicais. 2014. xi, 79 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu, 2014.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal.** 6^a ed. Artmed. 888p. 2017.

TEDESCO, M. J. *et al.* **Análises de solos, plantas e outros materiais.** 2. ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul/Departamento de Solos, 1995. 174 p. (Boletim Técnico, 5).

TEIXEIRA, P.C. *et al.* **Manual de Métodos de Análise de Solo**, 3ª edição revista e ampliada, Brasília, Embrapa Solos, 2017. 573p.

VELOSO, C. A. C. *et al.* Relações cálcio, magnésio e potássio sob produção de matéria seca de milho. **Acta Amazonica**. v.31, n.2; p. 193-204. 2001

ZORB, C.; SENBAYRAMB, M.; PEITER, E. Potassium in agriculture - Status and perspectives. **Journal of Plant Physiology**. v.171, p.656–669, 2014.