



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA**

**FORMAS DE POTÁSSIO E PODER TAMPÃO  
POTÁSSICO EM SOLOS COM DIFERENTES  
TEORES DE ARGILA**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM AGRONOMIA**

**BRASÍLIA/DF  
JULHO/2012**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA**

**FORMAS DE POTÁSSIO E PODER TAMPÃO POTÁSSICO EM SOLOS COM  
DIFERENTES TEORES DE ARGILA**

**Jaiciclênia da Silva Santana**

**ORIENTADOR: Prof. Sebastião Alberto de Oliveira  
CO-ORIENTADOR: MSc. Djalma Martinhão Gomes de Sousa**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM AGRONOMIA**

**BRASÍLIA/DF  
JULHO/2012**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA**

**FORMAS DE POTÁSSIO E PODER TAMPÃO POTÁSSICO EM SOLOS COM  
DIFERENTES TEORES DE ARGILA**

**Jaiciclênia da Silva Santana**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA À FACULDADE DE  
AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA DA UNIVERSIDADE DE  
BRASÍLIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS À  
OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM AGRONOMIA.**

**APROVADA POR:**

---

**Sebastião Alberto de Oliveira, Professor Associado, Doutor (Universidade  
de Brasília - UnB)  
(Orientador) CPF: 052361771-20 E-mail: oliveira@unb.br**

---

**Wenceslau J. Goedert, Professor Aposentado, PhD (Universidade de  
Brasília - UnB)  
(Examinador) CPF: 005799550-87 E-mail: goedert@unb.br**

---

**Cícero Célio de Figueiredo, Professor Adjunto, Doutor (Universidade de  
Brasília - UnB)  
(Examinador) CPF:02975444702 E-mail: cicerocf@unb.br**

**Brasília/DF, 31 de julho de 2012.**

## FICHA CATALOGRÁFICA

SANTANA, Jaiciclênia da Silva  
Formas de potássio e poder tampão potássico em solos com diferentes teores de argila./ Jaiciclênia da Silva Santana; orientação de Sebastião Alberto de oliveira; co-orientação de Djalma M. G. de Sousa – Brasília, 2012.  
77 p.:il.  
Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília/Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2012.

1. Disponibilidade de potássio. 2 poder tampão potássico.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

SANTANA, J. S. **Formas de potássio e poder tampão potássico em solos com diferentes teores de argila.** Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2012, 77p. Dissertação de Mestrado.

## CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Jaiciclênia da Silva Santana  
TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO: Formas de potássio e poder tampão potássico em solos com diferentes teores de argila  
GRAU: Mestre ANO: 2012

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva-se a outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

---

**Jaiciclênia da Silva Santana**  
**CPF: 007696761-11**  
**Rua Claudina Gomes nº 1 Vila Domingues.**  
**75780-000 Ipameri Goiás**  
**(64) 3491-5094 [jaiciclenia@gmail.com](mailto:jaiciclenia@gmail.com)**

## DEDICO

A meus pais,  
Daniel e Cláudia,  
pelos primeiros passos da minha educação  
e formação profissional  
que me conduziram até aqui.

## OFEREÇO

Ao meu esposo,  
Bruno Ricardo N. de Azevedo  
pelo amor, carinho, compreensão  
e toda força que me deste.

## **Agradecimentos**

A Deus pela vida e por seu indescritível amor.

À Universidade de Brasília, a Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária (FAV), pela oportunidade de realização do curso.

Ao professor Dr. Sebastião Alberto de Oliveira, pela orientação neste trabalho, paciência e persistência.

Ao co-orientador pesquisador MSc. Djalma Martinhão Gomes de Sousa, pela colaboração neste trabalho.

Aos professores PhD. Wenceslau J. Goedert e Dr. Cicero Célio Figueiredo, pelo conhecimento adquirido.

Ao funcionário MSc Luiz Eduardo C. Benedito, pelo grande incentivo e enorme ajuda com todas as minhas análises.

Aos funcionários do laboratório de Geo-química pelo auxílio com algumas análises.

À minha família, pelo amor, incentivo e colaboração durante tempos difíceis.

Ao meu esposo Bruno, pelo carinho e compreensão nos momentos em que estive ausente.

À Iara Nascimento e Josué Barros por terem me hospedado em sua casa por um longo tempo durante esses dois anos.

À minha prima Margarete Santana e seu esposo Marcos de Melo por também terem me recebido com muito carinho na sua casa enquanto houve necessidade.

Aos meus amigos e irmãos em Cristo que sempre me apoiaram e estiveram orando por mim.

Enfim, obrigada a todos que de certa forma contribuíram para a realização de mais essa etapa na minha vida!

# SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO GERAL.....</b>	<b>12</b>
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>14</b>
2.1 O POTÁSSIO NO SOLO.....	14
2.1.1 FONTES NATURAIS DE POTÁSSIO EM SOLOS.....	15
2.1.2 AS FORMAS DE POTÁSSIO NO SOLO .....	16
2.1.2.1 POTÁSSIO TOTAL .....	17
2.1.2.2 POTÁSSIO ESTRUTURAL.....	17
2.1.2.3 POTÁSSIO NÃO-TROCÁVEL.....	18
2.1.2.4 POTÁSSIO TROCÁVEL.....	20
2.1.2.5 POTÁSSIO NA SOLUÇÃO DO SOLO.....	22
2.1.3 PODER TAMPÃO POTÁSSICO .....	23
2.1.4 FUNÇÕES E AVALIAÇÃO DA DISPONIBILIDADE DE POTÁSSIO.....	25
<b>3. OBJETIVOS .....</b>	<b>28</b>
<b>4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>29</b>
<b>CAPÍTULO ÚNICO .....</b>	<b>41</b>
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>42</b>
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>43</b>
2.1. ANÁLISES QUÍMICAS .....	45
2.1.1. DETERMINAÇÃO DOS TEORES DE POTÁSSIO DISPONÍVEL.....	45
2.1.2. DETERMINAÇÃO DOS TEORES DE POTÁSSIO NA SOLUÇÃO .....	46
2.1.3. DETERMINAÇÃO DOS TEORES DE POTÁSSIO NÃO-TROCÁVEL.....	46
2.1.4. DETERMINAÇÃO DOS TEORES DE POTÁSSIO TROCÁVEL.....	47
2.1.5. DETERMINAÇÃO DOS TEORES TOTAL DE POTÁSSIO .....	47
2.1.6. DETERMINAÇÃO DA CURVA QUANTIDADE/INTENSIDADE (Q/I) COMPLETA.....	48
2.2 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	50
<b>3.RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>51</b>
3.1 FORMAS DE K NO SOLO .....	51
3.2 PARÂMETROS DA RELAÇÃO Q/I COM OS MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DA DISPONIBILIDADE DE K NO SOLO.....	54
<b>4. CONCLUSÕES .....</b>	<b>65</b>
<b>5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>66</b>

## Índice de tabelas

<b>Tabela.....</b>	<b>Página</b>
Tabela 1- Atributos físicos dos solos.....	44
Tabela 2- Atributos químicos dos solos.....	45
Tabela 3- Soluções de $\text{SrCl}_2$ 100mM com varias concentrações de K na forma de KCl.....	48
Tabela 4- Quantidade de solo a pesar por tubo, solução a adicionar e o fator solução: solo.....	49
Tabela 5- Teor de argila, Matéria Orgânica, CTC, K extraído com Mehlich-1, K extraído com cloreto de cálcio( $\text{CaCl}_2$ ), K extraído com acetato de amônio ( $\text{NH}_4\text{OAc}$ ), K total extraído com ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ),K extraído com ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ), poder tampão de potássio (PTK), potássio planar, potássio preferencial e potássio trocável .....	56
Tabela 6- Coeficiente de correlação linear simples entre as várias características relacionadas com a disponibilidade de potássio nas amostras de solos.....	58
Tabela 7- Equações booleanas das curvas Q/I das amostras de solos.....	63



## Índice de Figuras

<b>Figura.....</b>	<b>Página</b>
Figura 1. Representação esquemática da dinâmica de disponibilidade do potássio no solo.....	23
Figura 2. Representação da curva quantidade/intensidade (Q/I) para potássio.....	50
Figura 3- Relação entre o teor de argila com a matéria orgânica.....	58
Figura 4- Relação entre a matéria orgânica e a CTC.....	59
Figura 5- Relação entre o K Solução ( $\text{CaCl}_2$ ) e o K em Mehlich-I.....	59
Figura 6- Relação o K Trocável ( $\text{NH}_4\text{OAc}$ ) com o K em Mehlich-I.....	60
Figura 7-Relação entre o K Solução ( $\text{CaCl}_2$ ) com o K Trocável ( $\text{NH}_4\text{OAc}$ ).....	60
Figura 8- Relação entre o K Mehlich-I com o K na posição planar.....	61
Figura 9- Relação entre K Trocável ( $\text{NH}_4\text{OAc}$ ) com o K na posição planar.....	61
Figura 10- Relação entre o K Solução ( $\text{CaCl}_2$ ) com o K na posição planar.....	62
Figura 11- Relação entre o K trocável (extraído por acetato de amônio) e K não trocável (extraído por ácido nítrico.....	62

## RESUMO

### FORMAS DE POTÁSSIO E PODER TAMPÃO POTÁSSICO EM SOLOS COM DIFERENTES TEORES DE ARGILA

O potássio(K) no solo apresenta-se em diversas formas muitas das quais não disponíveis às plantas. Assim o presente trabalho teve como objetivo determinar as formas de (K total, K não-trocável, K trocável e K na solução do solo) e o poder tampão de potássio em solos com diferentes teores de argila e verificar a correlação entre o teor de argila, matéria orgânica e CTC com as formas de potássio e o PTK. O trabalho foi realizado no Laboratório de Química do Solo, da Universidade de Brasília - UnB. Foram utilizadas 38 amostras de textura variável (<150g kg<sup>-1</sup>; 151-350g kg<sup>-1</sup>; 351- 360g kg<sup>-1</sup>; > 600 g kg<sup>-1</sup> de argila) procedente do Centro de Tecnologia Agropecuária da Campo, situada em Paracatu-MG. As formas de K do solo apresentaram grande amplitude de valores independente da textura. Os solos apresentaram poder tampão de potássio com grande variação, esta variação ocorreu, principalmente, em função das diferenças nos atributos químicos e físicos dos solos. Apenas o teor de argila não explicou as diferenças nas formas de potássio no solo.

**Palavras-chave:** Disponibilidade de potássio, K total, K não-trocável, K trocável, K solução.

## ABSTRACT

### POTASSIUM FORMS AND POTASSIUM BUFFERING CAPACITY IN SOILS WITH CLAY DIFFERENT.

The potassium in the soil comes in various forms many of which are not available to plants. Thus, this study aimed determine the forms of (K total, non-exchangeable K, exchangeable K and K in soil solution) and determine the potassium buffering capacity in soils with clay different and the correlation between clay content, organic matter, and CTC with the forms of potassium and potassium buffering capacity. The study was conducted at the Laboratory of Soil Chemistry, University of Brasília – UNB. 38 samples were used of varying texture (<150g kg<sup>-1</sup>; 151-350g kg<sup>-1</sup>; 351- 360g kg<sup>-1</sup>; > 600 g kg<sup>-1</sup> clay) the Center for Agricultural Technology Campo located in Paracatu-MG. The forms of soil K showed high amplitude values independent of the texture. Soils presented with potassium buffering large variation, this variation was mainly due to differences in chemical and physical attributes of soils. Only the clay content did not explain the differences in the forms of potassium in the soil.

**Key words:** Availability of potassium, total K, non-exchangeable K, exchangeable K, K solution.

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

O potássio (K) é um nutriente de suma importância para as culturas, sendo, depois do nitrogênio, o mais absorvido por muitas delas. Nos tecidos vegetais os teores desse nutriente variam em função da disponibilidade do solo e da eficiência de absorção. Os solos variam sua capacidade de suprir potássio para as plantas em função das formas em que este nutriente se encontra, da quantidade e do grau de disponibilidade de cada forma, bem como das características físicas (textura, retenção de água, etc.) que afetam a sua condução através da solução do solo até o contato com a raiz (Mielniczuk, 1984).

O K do solo provém do intemperismo de minerais primários e secundários que contém este nutriente, principalmente daqueles do grupo das micas, dos feldspatos. Sobre a intemperização das micas observa-se grande influência do material de origem e do grau de alteração deste material sobre a permanência de minerais primários e gênese de minerais secundários importantes na dinâmica de K no solo. Nos solos que já estão no estágio da caulinita ou gibbsita, como a grande maioria dos solos brasileiros, as reações de trocas de cátions assumem prioridade sobre as reações de intemperização e fixação do K no solo (Ernani et al. 2007).

Conforme Tisdale & Nelson (1993), citado por Villa et al (2004) o K no solo apresenta-se em diversas formas, muitas das quais não disponíveis às plantas. Considerando sua disponibilidade para as plantas, o K do solo pode ser classificado em quatro categorias, que seguem uma ordem crescente de disponibilidade: estrutural (mineral), não-trocável ou dificilmente disponível, trocável e em solução, que, somadas, fornecem o K total. O potássio na solução é a fração de K dissolvida na solução do solo, sob condições normais de umidade e livre das forças de adsorção (Raij, 1990). O K trocável refere-se ao K fracamente retido na CTC do solo, K não-trocável corresponde a uma fração do K estrutural que se dissolve facilmente em meio ácido e apresenta-se retido na estrutura de minerais, tais como feldspatos potássicos e micas, bem como o potássio “fixado” nas entrecamadas de argilominerais como a vermiculita e a esmectita (Curi, 2004). Conforme Curi et al.

(2005), as formas de K, de disponibilidade de curto e médio prazo, estão em equilíbrio com o K da solução, de tal forma que, quando ocorre extração de K do solo, as plantas absorvem potássio da solução, o qual é tamponado pelas formas trocáveis, é repostado pelas formas não trocáveis e estruturais.

O potássio da solução e o trocável em conjunto representam a reserva imediata de potássio no solo. Para auxiliar a avaliação da disponibilidade de K para as plantas, é importante que se tenha conhecimento não só dos fatores quantidade (K trocável) e intensidade (K solução), mas também da relação entre esses dois fatores que constitui o poder tampão de potássio (PTK) do solo, ou seja, a capacidade que o solo tem em manter certa concentração de K na solução, quando da absorção pelas plantas ou de perdas ocorridas no solo (Goedert et al., 1975; Mielniczuk, 1984). Informações neste sentido permitirão estabelecer não apenas a capacidade atual dos solos em suprir K para as plantas, mas também conhecer sua dinâmica no solo a médio e longo prazo, além de auxiliarem na tomada de decisão sobre o manejo da adubação potássica para os solos.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 O potássio no solo

O potássio (K) é um dos nutrientes mais abundantes nos solos, em concentrações que vão desde 0,3 até 30 g kg<sup>-1</sup> (Sparks, 2000). Este nutriente constitui o sétimo nutriente em abundância da crosta terrestre, apresentando um teor médio de 26 g kg<sup>-1</sup> (Schroeder, 1979). Uma revisão feita por Lopes (1982) mostrou que os teores totais desse nutriente nos solos brasileiros variam de 0,5 a 25 g kg<sup>-1</sup>. Essa variação é atribuída aos diferentes processos pedogenéticos que contribuem para a formação de cada solo, considerando que todo o K existente no solo é fruto do material de origem, com teores mais elevados desse nutriente em solos menos intemperizados, como em alguns localizados no extremo sul e também na região semi-árida do Brasil (Nachtigall & Raji, 2005).

A maior parte do potássio do solo (98%) encontra-se na estrutura dos minerais primários e secundários (K estrutural), e só uma pequena fração encontra-se em formas mais prontamente disponíveis às plantas, seja ligado às cargas elétricas negativas (K trocável), seja na solução do solo (K solução) (Sparks, 2000). A maneira com que o K se liga aos componentes sólidos do solo, assim como a energia dessas ligações, dá origem às várias formas de K no solo. Cada uma dessas formas mantém um equilíbrio específico com a solução do solo, razão por que afetam a disponibilidade de K aos vegetais com diferentes magnitudes (Ernani et al., 2007), devido a esse equilíbrio dinâmico entre as formas de K no solo, extratores químicos específicos têm sido utilizados na sua quantificação (Sparks, 1980), tendo como vantagem permitir a comparação das formas de K sob diferentes condições.

As plantas absorvem o K da solução do solo, cuja concentração é mantida pelo K adsorvido nos sítios de troca da fase sólida, também denominado de potássio trocável. Uma vez diminuída a forma trocável e a concentração na solução atingir valores baixos, é forçada a liberação do potássio retido com maior energia, ou o contido nas entrecamadas e nas estruturas dos argilominerais primários ou secundários chamado de potássio não-trocável. Todos os solos, em maior ou menor

grau, apresentam potássio em formas não trocáveis, ou não acessados por extratores convencionalmente utilizados para avaliar a disponibilidade de K às plantas, que indiretamente suprem a necessidade das plantas, por que abastecem aquelas potencialmente disponíveis (Oliveira et al., 1971; Goedert et al., 1975 ; Munn & McLean, 1975; Borket et al., 1993; Meurer & Anghinoni, 1993; Veduin, 1994).

Dessa forma, o K trocável é tido como a reserva prontamente disponível às plantas, ou àquelas acessadas pelas plantas no período de cultivo, enquanto que o K não-trocável constitui uma reserva que pode ser utilizada pelas plantas uma vez que os níveis de K trocável diminuem. Assim sendo, as formas de K não-trocável dão uma ideia da fração de potássio que poderá ser disponível às plantas (Werle et al., 2008).

O potencial de disponibilidade e a capacidade de suprimento dependem da presença de minerais primários, dos minerais secundários formados, da CTC do solo e da capacidade que o solo possui de manter as concentrações de K na solução e da ciclagem deste nutriente durante os ciclos vegetativos das espécies de plantas que se mantêm sobre o solo, ou em outras palavras, das formas de K presentes e da quantidade de K armazenada em cada uma delas (Oliveira et al., 1971; McCLean & Watson, 1985; Sparks & Huang, 1985; Nachtigall & Vall, 1991a; Nachtigall & Vall, 1991b; Meurer & Anghinoni, 1993; Melo et al., 1998).2.1.1 Fontes naturais de potássio em solos.

Os principais minerais primários fonte de K são os grupos dos feldspatos (ortoclásio e microclínio) e das micas (ilita, biotita e muscovita). Estes minerais são importantes reservas de K, podendo constituir em mais de 94% o K total do solo, e tornar-se acessíveis às plantas através da ação do intemperismo (Sparks et al., 1980; Martin & Sparks, 1985). Meurer e Inda Junior (2004) relatam que, em média, o teor de K nos minerais (mais especificamente na mica) é de 10%, enquanto na ilita e na vermiculita está em torno de 6% a menos de 1%, respectivamente. Por sua vez, a caulinita já não possui mais K na sua estrutura.

A maioria dos solos brasileiros são principalmente Latossolos e Argissolos. Tais solos caracterizam-se por apresentar alto grau de alteração dos seus materiais

constituintes, restando pouca ou nenhuma reserva mineral nas frações mais grossas, dominadas exclusivamente por quartzo e outros materiais resistentes ao intemperismo (Ernani et al., 2007). Em alguns Latossolos, entretanto, alguma reserva de K pode ser encontrada na fração grossa, quando a muscovita está presente, porém teores importantes têm sido constatados nas frações silte e argila. Na fração argila, o K está provavelmente associado à argilominerais do tipo 2:1 com polímeros de hidróxi Al nas entrecamadas e também a minerais interestratificados do tipo caulinita-vermiculita ou caulinita-esmectita (Silva et al., 1995).

Nos Argissolos, maiores teores de K total tem sido identificados em solos desenvolvidos de rochas pelíticas, granitos, gnaisses e migmatitos, nas quais o conteúdo de minerais potássicos é mais elevado (Nachtigall & Vahl, 1989; Meurer et al., 1996).

Os solos de origem mais recente, incluindo Neossolos, Vertissolos, Luvisolos e Chernossolos, embora ocupem áreas menos expressivas do território brasileiro, podem apresentar maior reserva de nutrientes, graças à presença de teores expressivos de micas e feldspatos nas frações grossas, as quais podem representar importantes fontes de K (Ernani et al., 2007).

### **2.1.2 As formas de potássio no solo**

O K no solo apresenta-se em diversas formas, muitas das quais não disponíveis às plantas. Considerando sua disponibilidade para as plantas, o K do solo pode ser classificado em quatro categorias, que seguem uma ordem crescente de disponibilidade: estrutural, não-trocável, trocável e em solução que somadas fornecem o K total (Tisdale & Nelson, 1993).

A maneira com que o K se liga aos componentes sólidos do solo, assim como a energia dessas ligações, dá origem às várias formas de K no solo. Cada uma dessas formas mantém um equilíbrio específico com a solução do solo, razão por que afetam a disponibilidade de K aos vegetais com diferentes magnitudes (Ernani



et al., 2007), devido a esse equilíbrio dinâmico entre as formas de K no solo, extratores químicos específicos têm sido utilizados na sua quantificação (Sparks, 1980), tendo como vantagem permitir a comparação das formas de K sob diferentes condições.

#### **2.1.2.1 Potássio total**

O K total representa o somatório de todas as formas de K determinado no solo, o qual pode variar muito de solo para solo, principalmente de acordo com o material de origem, da composição mineralógica e do grau de intemperismo (Meurer & Inda, 2004).

De acordo com Nachtigall & Vall (1991a), Britzkeet et al., (2007) e Taiwo et al., (2009) em solos com grande quantidade de minerais primários que contém K na sua estrutura, são encontrados altos teores de K total.

#### **2.1.2.2 Potássio estrutural**

Nessa forma o K está contido nos minerais primários e/ou secundários (K estrutural) constitui quase a totalidade do nutriente presente nos solos e representa a capacidade potencial de suprimento deste nutriente às plantas. Entretanto, o K somente é liberado para a solução do solo quando esses minerais são intemperizados. 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 (Ernani et al., 2007).

Estudos mostraram que o K estrutural foi pouco acessível às plantas de ciclo curto (Kaminski et al., 2007; Moterle et al., 2005; Dias et al. 2007). 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).

### 2.1.2.3 Potássio não-trocável

As formas não trocáveis podem estar distribuídas nas diferentes classes texturais e são encontradas nos minerais que compõem aquela fração, quer sejam primários, secundários, ou em associação entre eles. A fração areia representa a fração que apresenta o maior diâmetro de partícula, a qual é frequentemente constituída por quartzo, mas pode ser comum a presença de minerais primários do grupo dos feldspatos e micas. Sparks (1986) verificou um significativo estoque de K nesta classe textural.

Em estudo da mineralogia em solos do Rio Grande do Sul, Meurer et al. (1996) observaram a presença de mica na fração areia e silte de um Argissolos originado de granito. Em solo arenoso composto por 65,5 e 25,3% de areia e silte respectivamente, 65% do K total encontra-se na fração grosseira (Saduski et al. 1987). Segundo Unamba-Oparah (1985) citado por Melo et al. (2004), a alta capacidade de suprimento de K de solos intemperizados da Nigéria foi fortemente relacionada com os teores de areia fina e silte. A baixa relação da fração argila com o suprimento de K foi atribuída ao elevado estágio de intemperismo dessa fração, sem grandes reservas de K e Mg. Provavelmente, as frações grosseiras do solo possuem uma maior importância no fornecimento de K para as plantas, com isso, pode-se evidenciar que em tais solos, as plantas respondem menos à adição de K.

O K não-trocável compreende parte do K estrutural que se dissolve mais facilmente em meio ácido em adição ao K fixado nas entrecamadas de minerais de argila do tipo 2:1, como a illita e a vermiculita (Mielniczuk & Selbach 1978; Silva et al., 1995).

Em solos com predomínio de minerais de argila do tipo 1:1, os teores de K não-trocável muitas vezes se assemelham aos de K trocável (Silva et al., 1995; Silva et al., 2000; Villa et al., 2004). Por outro lado, em solos com predomínio de argilas silicatadas do tipo 2:1 e mesmo em alguns com minerais do tipo 1:1, o K não-

trocável é, de modo geral, maior que o K trocável (Lana & Neves, 1994; Castilhos et al., 2002; Morais et al., 2007; Taiwo et al., 2009).

É verificado que em diversas situações, a quantidade de potássio extraída pelas plantas, é superior às formas trocáveis, pelo que as formas de K não-trocável contribuem significativamente para o total de K absorvido pelas plantas, 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). De acordo com Mielniczuk (1982), com a exaustão das formas trocáveis, o K não-trocável, que representa a reserva de médio prazo, é lentamente liberado para o solo, podendo então ser absorvido pelas plantas, retidos na CTC, fixado, erodido ou lixiviado, o que deve ser levado em consideração no programa de adubação, principalmente de culturas perenes.

Lana & Neves (1994), avaliando a capacidade de suprimento de K de seis solos de São Paulo observaram, após 4 cultivos sucessivos de eucalipto, que os teores de K não-trocável no solo reduziram em média 55%. Os autores, ainda, evidenciaram que a contribuição dessa forma de K do solo para as plantas de eucalipto variou de 34 a 110 kg ha<sup>-1</sup>, o que, na média, representou 70% do K absorvido pelo eucalipto. Em solos do Rio Grande do Sul, Kaminski et al. (2007) verificaram que o teor de K não-trocável, após o quinto cultivo, em sistema de produção de grãos, diminuiu em torno de 50%. Em contrapartida, Dias et al. (2007) avaliando as modificações das formas de K em um Latossolo Vermelho de Londrina, PR, submetido a cultivos sucessivos, observaram pequena diminuição das formas não-trocáveis de K, demonstrando que mesmo sendo um solo altamente intemperizado apresenta reservas, que podem ser disponibilizadas às plantas em cultivos sucessivos. Os autores ainda relatam que os teores de K total não modificaram com os cultivos de plantas no solo e concluíram que o cultivo sucessivo de plantas esgota lentamente as reservas de K no solo.

Morais et al. (2007) em solos de Minas Gerais encontraram baixos teores de K não-trocável, evidenciando a baixa capacidade de suprimento de K dos solos, em médio prazo. Os autores atribuíram esses resultados em virtude da ausência de minerais primários fontes de K. Conforme apontado por Oliveira (1970) estes dados

evidenciam a depleção de K pelos cultivos em solos com alto grau de intemperismo. Fato semelhante não é observado em solos com menor grau de intemperismo, em que há maior resistência ao decréscimo do teor dessa forma de K por cultivos sucessivos (Rasnake & Thomas, 1976).

#### **2.1.2.4 Potássio trocável**

O potássio que se encontra ligado (ligações fracas e eletrostáticas) às cargas negativas nas superfícies das frações orgânicas e inorgânicas (minerais de argila silicatadas, óxidos e hidróxidos) do solo, pode ser definido como a forma trocável (Ernani et al., 2007). É a fonte de maior interesse para a nutrição vegetal devido ao equilíbrio rápido que pode manter com o K da solução do solo (K solução).

O K trocável é extraído do solo com uma solução neutra (pH 7,0) de acetato de amônio  $1 \text{ mol L}^{-1}$ . O teor de K extraído por essa solução normalmente se assemelha àquela extraída por sais neutros, ácidos fracos, ou pela resina trocadora de íons (Villa et al., 2004).

Segundo Havlin e Westfall (1985) o K trocável tem sido considerado um bom índice, em solos tropicais, para predizer a capacidade de suprimento de K dos solos com reserva disponível em curto prazo. Entretanto, essa forma de K do solo, 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; Dias et al., 2007; Kaminski et al., 2007; Fraga et al., 2009).

Com o estudo da dinâmica de liberação de K em diferentes solos observou-se que o K trocável tende a diminuir assintoticamente até níveis mínimos, que variam com o tipo de solo, a partir do qual a forma de K não-trocável passa a controlar a disponibilidade (Nachtigall & Vahl, 1991b). Já Mielniczuk e Selbach (1978) destacam que a depleção de potássio no solo cultivado é concomitante para as formas trocável e não-trocável, mesmo quando há adições periódicas de adubos potássicos. Silva et

al. (1995) admitem que o suprimento de potássio às plantas não é exercido unicamente pelas formas prontamente disponíveis.

O cultivo do trigo num solo originado de granito na região Sul do Rio Grande do Sul, durante 15 anos, removendo anualmente todos os resíduos vegetais constatou que o teor de K trocável diminuiu muito pouco, revelando a alta capacidade desse solo em repor o K trocável a partir de K inicialmente não-trocável (Patella, 1980). Resultados semelhantes foram encontrados por Bortoluzzi et al. (2005), que verificaram após 11 anos de experimento em um Argissolo, que os teores de K trocável, nas parcelas sem adubação potássica, mantiveram-se constantes, indicando que o solo alcançou um equilíbrio entre as formas de K trocável e não-trocável com um mínimo de  $K^+$  (em torno de  $30 \text{ mg kg}^{-1}$ ) no sistema solo-planta. A manutenção desta situação por longos períodos pode diminuir os teores de K não-trocável e comprometer a reposição deste à solução do solo e o estabelecimento de plantas cultivadas.

Ernani et al. (2002) observaram em sete anos de experimento com cultivo de grãos, que o teor de K trocável do solo diminuiu de  $140 \text{ mg kg}^{-1}$  no primeiro ano para  $40 \text{ mg kg}^{-1}$  no quinto ano e que após isso, os teores permaneceram constantes. Os autores atribuíram esses resultados ao efeito tamponante de formas não-trocáveis de K do solo, as quais liberaram K e com isso o teor de K trocável do solo permaneceram inalterados a partir do quinto ano de avaliação.

Kaminski et al. (2007) também evidenciaram que os teores de K trocável diminuíram, aproximadamente, 50% após o primeiro cultivo com aveia. Os autores atribuíram esses resultados ao grande acúmulo de K no tecido da parte aérea da aveia. Nos demais cultivos, o teor de K trocável permaneceu constante. Resultados semelhantes foram obtidos por Nachtigall e Vahl (1991b) e Melo (1998).

Estudos realizados, em diversos solos brasileiros, demonstram que o K trocável está estreitamente relacionado com o K total e o K não-trocável, conforme verificado por Crisóstomo e Castro (1970); Chaves e Dias (1996), em solos do nordeste, Braga (1972); Prezotti e Defelipo (1987); Villa et al. (2004), em solos de Minas Gerais, Mielniczuk e Selbach (1978); Nachtigall e Vahl (1989), em solos do

Rio Grande do Sul. Nestes trabalhos foram constatados que os solos que possuem maiores teores de K trocável, suprimento em curto prazo, possuem também maiores teores de K não-trocável e total, suprimento a médio e a longo prazo, respectivamente. Em contraposição, Morais et al. (2007) verificaram que o K trocável não apresentou correlação com a forma não-trocável. Sugerindo que apesar da quantidade trocável dar uma boa ideia da disponibilidade atual, não é indicativo do potencial natural do solo para repor este nutriente no médio prazo no complexo de troca catiônica (Lepsch et al., 1978).

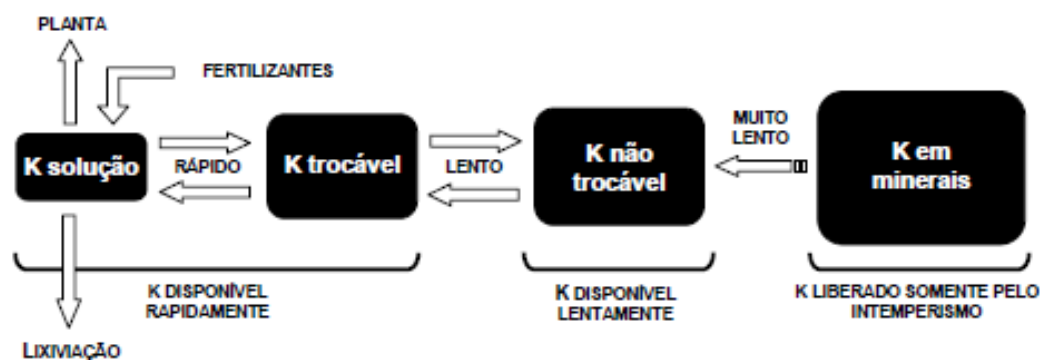
Villa et al. (2004) evidência que os maiores teores de K trocável e K na solução são encontrados em solos que apresentam CTC potencial mais elevada. Isso se deve em decorrência destes solos necessitarem de maior quantidade de K para atingir a mesma saturação por este nutriente no solo.

#### **2.1.2.5 Potássio na solução do solo**

A solução do solo é constituída pela água mais os nutrientes e compostos orgânicos nela dissolvidos. Apesar de ser o meio de onde as plantas absorvem os nutrientes, a solução da maioria dos solos agrícolas é bastante diluída (Ernani et al., 2007). A concentração de K na solução do solo, necessária para o crescimento vegetal, varia consideravelmente com a espécie e com o estágio de crescimento das plantas. O teor do íon potássio ( $K^+$ ) na solução do solo pode variar desde  $1 \text{ mg L}^{-1}$  de solução até 50 ou mais  $\text{mg L}^{-1}$  em solos bem supridos do nutriente ou recentemente fertilizados (Meurer & Inda Junior, 2004), e por isso, a quantidade de K nesse meio pode esgotar-se em poucas horas ou em alguns dias, caso não fosse efetuada a reposição pela fase sólida (Ernani et al., 2007).

O K na solução do solo está em função do equilíbrio entre as demais formas de K, mas principalmente pelo K trocável (Figura 1). Mesmo sendo esta forma a primeira a ser acessada pelas plantas, a sua reserva potássica é de baixa importância no nível de suprimento as culturas, pois constitui aproximadamente 0,1-0,2% do K total do solo (Goedert & Corey, 1973).

A terminologia utilizada para separar as diferentes formas de K no solo são apenas conceituais, ou seja, transmitem apenas uma idéia de que este nutriente encontra-se adsorvido com diferentes graus de energia. A passagem do K trocável para a solução é muito rápida, de maneira que o K não-trocável é moderadamente disponível, uma vez que a sua passagem para trocável é muito lenta (Sparks, 1980). De acordo com Meurer & Anghinoni (1993) a presença das formas de K não-trocável depende do tipo de minerais ocorrentes no solo; porém é difícil estabelecer a partir de qual nível se inicia a sua disponibilização para a solução do solo ou estabelecer parâmetros desta liberação para os diferentes solos.



**FIGURA 1.** Representação esquemática da dinâmica de disponibilidade do potássio no solo.

### 2.1.3 Poder tampão potássico

A disponibilidade de K para as plantas depende da quantidade de K trocável (fator quantidade - Q), do K em solução (fator intensidade - I) e da relação entre essas formas, que constitui o poder tampão de potássio (PTK) do solo. O PTK determina a capacidade dos solos em manter determinada concentração de K na

solução quando da absorção pelas plantas ou de perdas ocorridas no solo (Silva et al., 2000). A relação quantidade/intensidade (Q/I) foi desenvolvida por Beckett (1964), após confirmação da Lei da Relação estabelecida por Schoefield (1947), citado por Goedert et al. (1975), que introduziu o conceito de potencial químico como propriedade relacionada com a disponibilidade de nutrientes às plantas.

O conceito de quociente de atividade de K (QAK), dado pela relação de atividades entre K e Ca [ $aK/(aCa)^{0,5}$ ], é uma medida do potencial químico do K em relação ao do cálcio presente na solução do solo (Beckett, 1964). Segundo esse autor, a disponibilidade de K no solo ou sua troca pelo Ca depende do potencial de K e do potencial de Ca. Como o Ca e o Mg apresentam propriedades de troca muito semelhantes, eles podem ser considerados como sendo uma única espécie e, dessa maneira, o QAK pode ser calculado como  $aK/(aCa + aMg)^{0,5}$  (Beckett, 1964).

O termo quantidade em relação ao QAK é medido em termos de  $\Delta K$  (Beckett e Nafady, 1967). Este termo representa a quantidade de K adsorvido ( $+\Delta K$ ) ou desorvido ( $-\Delta K$ ) pelo solo quando em equilíbrio com soluções de diferentes QAK.

Estudando solos de Oxford, Beckett (1964) verificou que a tendência da relação Q/I era similar: uma parte linear (superior) e uma na forma de curva assintótica (inferior). Como a inclinação da porção linear representa o poder tampão de potássio (PTK) do solo, em concentrações baixas de K trocável, maiores valores serão obtidos mediante o aumento do coeficiente de seletividade, ou seja, maior retenção de K em relação ao Ca mais Mg (Mielniczuk, 1984). A parte inferior da curva representa a quantidade total de K trocável no solo, sendo o K preferencial dado pela diferença entre os valores de  $\Delta K$  correspondente a extremidade da região curva e a extrapolação da região reta do gráfico. O K planar, deste modo, é a diferença entre o K trocável total e o K preferencial (Beckett e Nafady, 1967; Mielniczuk & Selbach, 1978).

O conhecimento do teor de K trocável adsorvido na posição planar ou na posição preferencial é fundamental para avaliar os solos quanto à disponibilidade de K para as culturas. Segundo Chaves e Kinjo (1987), tomando por base apenas os teores de K trocável determinado pelos métodos tradicionais, quanto maior o teor de



K trocável no solo, mais K será mantido na solução do solo. No entanto, tal afirmação nem sempre será verdadeira, considerando a posição em que se encontre o K sujeito a equilíbrio.

As medidas obtidas por meio da curva Q/I são muito variáveis de acordo com as características físico-químicas e mineralógicas dos solos. A composição do complexo sortivo ou tipo de argila predominante é que vai determinar se o K vai ser mais ou menos facilmente liberado para a solução.

O menor PTK de um solo é conferido pelos teores mais baixos de K trocável e de K em solução, que se encontram em equilíbrio dinâmico, conforme constatado por Villa et al. (2004). Portanto, as adubações potássicas para esses solos deverão ser feitas em doses menores e mais frequentes, de forma a minimizar as perdas de K por lixiviação e, até mesmo, o consumo de luxo pelas plantas. Já para os solos que apresentam um maior PTK, as adubações poderão ser feitas em doses maiores e mais espaçadas, visto que possui maior capacidade de manter a atividade de K em solução. Meurer e Anghinoni (1994) ainda relatam que o aumento do poder tampão reduz a difusão efetiva do potássio no solo, e conseqüentemente diminuindo as perdas por percolação.

No manejo da adubação potássica é essencial considerar os valores de PTK, uma vez que o tamponamento do potássio no solo é importante para a manutenção da concentração do nutriente junto às raízes. Gianello e Mielniczuk (1981) verificaram que o PTK foi o segundo fator que mais influenciou a absorção de K pelo milho em solos do Rio Grande do Sul, só superado pela concentração de K na solução do solo.

#### **2.1.4 Funções e Avaliação da disponibilidade de potássio**

São várias as funções que o K exerce nas plantas, destacando-se, principalmente, a ativação de vários sistemas enzimáticos, muitos deles participantes dos processos de fotossíntese e respiração.

O K atua não só na síntese de proteínas, de carboidratos e da adenosina trifosfato (ATP), mas também na regulação osmótica, na manutenção de água na planta por meio do controle da abertura e fechamento dos estômatos, na resistência da planta a incidência de pragas e doenças por meio do efeito na resistência e na permeabilidade das membranas plasmáticas.

A deficiência de K normalmente reduz o tamanho dos internódios, a dominância apical e o crescimento das plantas, retarda a frutificação e origina frutos de menor tamanho e com menor intensidade de cor. Como o K é um nutriente móvel no floema, os sintomas de deficiência, normalmente caracterizados por clorose nas bordas das folhas seguida de necrose, surgem, inicialmente, nas folhas mais velhas das plantas (Ernani et al., 2007).

De acordo com Oliveira et al. (2001), a disponibilidade de K no solo e a sua absorção pelas plantas parecem estar relacionadas com a disponibilidade dos cátions divalentes, Ca e Mg, dominantes do complexo de troca. Ainda assim, a absorção do K pelas plantas é favorecida em comparação com outras espécies catiônicas sendo, dentre os cátions macronutrientes, o que se apresenta, em geral, em menor e maior concentração no solo e na planta, respectivamente.

A calagem promove o aumento das concentrações de Ca e Mg do solo, relativamente à do K, podendo reduzir a absorção de K pelas raízes e provocar sua deficiência (Goedert et al., 1975). No entanto, a calagem favorece a manutenção do teor de K trocável do solo, pois aumenta a CTC efetiva e reduz as perdas por lixiviação. Em certos casos, pode aumentar a disponibilidade de K às plantas mais do que a de Ca e Mg, devido ao menor grau de atração do K pelas cargas negativas do solo (Barber & Humbert, 1963).

A avaliação da disponibilidade de K para as plantas é feita pela estimativa de seus teores na forma trocável, a qual é obtida com a utilização de soluções neutras contendo íons amônio ou sódio, que, por troca iônica, removem a fração considerada trocável. Também são utilizadas soluções ácidas diluídas (Mehlich, 1953, 1984) citado por Bortolon et al. (2010). No entanto, para um método ser eficiente na avaliação da disponibilidade de um determinado nutriente no solo, deve

apresentar alto grau de relação com a planta, como rendimento, quantidade absorvida, entre outros, e ser rápido, de baixo custo, boa precisão e exatidão e com ampla capacidade extrativa (Corey, 1990).

### **3. OBJETIVOS**

Avaliar as formas de potássio (K disponível, K total, K não-trocável, K trocável e K na solução do solo) e o poder tampão potássico em solos com diferentes teores de argila.

Verificar a relação entre o teor de argila, matéria orgânica e CTC com as formas de potássio e o PTK.

#### 4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBER, S.A.; HUMBERT, R.P. Advances in knowledge of potassium relationship in the soil and plant. In: McVICKAR, M.H.; BRIDGER, G.L.; NELSON, L.B. **Fertilizer technology and uses**. Madison: SSSA, 1963. cap.11, p.231-268.

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.

BECKETT, P.H.T.; NAFADY, M.H.M. Studies on soil potassium. VI. The effect of K fixation and release on the form of the K: (Ca + Mg) exchange isotherm. **Journal of Soil Science**, v.18, p.244-262, 1967.

BORKERT, C. M.; SFREDO, G. J.; SILVA, D. N. Calibração de potássio trocável para soja em Latossolo Roxo distrófico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.17, n.12, p.223-226, 1993.

BORTOLON, L.; GIANELLO, C. & SCHLINDWEIN, J. A. Disponibilidade de potássio para as plantas em solos do sul do Brasil estimada por métodos multielementares. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v.34, p.1753-1761, 2010.

BORTOLUZZI, E. C. et al. Alterações na mineralogia de um Argissolo do rio grande do sul afetado pela fertilização potássica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, (Prelo, 2005).

BRAGA, J.M. **Formas de potássio e estabelecimento de nível crítico para alguns solos do Estado de Minas Gerais**. Piracicaba, 1972. 143p. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz.

BRITZKE, D.; SILVA, L.S.; KAEFER, S.; POCOJESKI, E.; MOTERLE, D. PIT, L.L.; ROSSI, J.B. Formas de potássio em solos de várzea do Rio Grande do Sul e absorção pelas plantas de arroz irrigado por alagamento. In: XXXI CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO. Gramado, 2007. **Anais...** Gramado: SBCS/UFRS, 2007. 5p. (CD ROM).

CASTILHOS, D.D.; MEURER, E.J.; KAMPF, N.; PINTO, L.F.S. Mineralogia e fontes de potássio em solos do Rio Grande do Sul cultivados com arroz irrigado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.26, p.579-587, 2002.

CHAVES, L.H.G.; DIAS, M.M. Formas de potássio em Regossolos do Estado da Paraíba. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.31, n.7, p.523-528, 1996.

CHAVES, L.H.G.; KINJO, T. Relação quantidade/intensidade de potássio em solos do trópico semi-árido brasileiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.11, p.257-261, 1987.

Corey, R. B. Physical-Chemical aspects of nutrient availability. **In:** Westwerman, R.L., ed. Soil testing and plant analysis. Madison, Wisconsin, SSSA, 1990. P.11-27.

COX, A.E.; JOERN, B.C.; BROUDER, S.M.; GAO, D. Plant-available potassium assessment with a modified sodium tetraphenylboron method. **Soil Science Society of Americana Journal**. v.63, p.902-911, 1999.

CRISOSTOMO, L.A.; CASTRO, A.F. Poder de suprimento de potássio de solos da zona fisiografica de Baturite, Ceara, Brasil. **Turrialba**, v.20, p.425-433, 1970.

CURI, N. **Potássio no solo**. In: SIMPOSIO SOBRE POTÁSSIO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, POTAFOS. 2004. (Informações Agronômicas, n.107).

CURI, N.; KAMPF, N.; MARQUES, J.J. Mineralogia e formas de potássio em solos brasileiros. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T.S. (Ed.). **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba: Associação Brasileira de Pesquisa de Potassa e do Fosfato, 2005. p.71-92.

DIAS, G.F.; MOTERLE, D.F.; KAMINSKI, J.; RHEINHEIMER, D.S. BORKERT, C.M.; TOEBE, M. Formas de potássio em um Latossolo com histórico de adubação submetida a cultivos sucessivos. In: XXXI CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO. Gramado, 2007. **Anais...** Gramado: SBCS/UFRS, 2007. 3p. (CD ROM).

ERNANI, P.R.; ALMEIDA, J.A.; SANTOS, F.C. Potássio. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Eds.) **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS. p.551-594, 2007.

ERNANI, P.R.; DIAS, J.; FLORES, J.A. Annual additions of potassium to the soil increased apple yield in Brazil. **Communication in Soil Science and Plant Analysis**, v.33, p.1291- 1304. 2002.

FRAGA, T.I.; GENRO JUNIOR, S.A.; INDA A.V.; ANGHINONI, I. Suprimento de potássio e mineralogia de solos de várzea sob cultivos sucessivos de arroz irrigado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p.497-506, 2009.

GIANELO, 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**, v.5, p.109-114, 1981.

GOEDERT, J. W. & COREY, R. B. Availability indices for soil cations by a single equilibration with  $\text{SrCl}_2$ . In: GOEDERT, W. **Cation equilibria in soils of Rio Grande do Sul- Brasil**. Thesis(Ph.D.Soils) University of Wisconsin, Madison, 1973. P. 119-65.

GOEDERT, W. J.; SYERS, J. K.; COREY, R. B. Relações quantidade-intensidade de potássio em solos do Rio Grande do Sul. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 10, p. 31-35, 1975.

HAVLIN, J.L.; WESTFALL, D.G. Potassium release kinetics and plant response in calcareous soils. **Soil Science Society of Americana Journal**, v.49, p.366-370, 1985.



KAMINSKI, J.; BRUNETTO, G.; MOTERLE, D.F.; RHEINHEIMER, D.S. depleção de formas de potássio do solo afetada por cultivos sucessivos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p1003-1010, 2007.

LANA, M.C.; NEVES, J.C.L. Capacidade de suprimento de potássio em solos sob reflorestamento com eucalipto do Estado de São Paulo. **Revista Árvore**, v.18, p.115-122, 1994.

LEPSCH, I.F.; ROTTA, C.L.; VALADARES, J.M.A.S. Mineralogia, classificação e formas de potássio em solos da estação experimental de Pindorama, SP. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.2, p.63-68. 1978.

LOPES, A.S. Mineralogia do potássio em solos do Brasil. In: SIMPÓSIO SOBRE POTÁSSIO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 1982, Londrina. **Anais...** Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfato, Instituto Internacional da Potassa, 1982. p.51-65.

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

MCLEAN, E. D.; WATSON, M. E. Soil measurement of plant available potassium. In: Munson R. D. et al. (Ed.) **Potassium in Agriculture**. Madison: American Society of Agronomy, 1985 p. 277-308.

MELLO, V.F.; COSTA, L.M.; BARROS, N.F.; FONTES, M.P.F.; NOVAIS, R.F. Reserva mineral e caracterização mineralógica de alguns solos do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.19, p.159-164, 1995.

MELO, G. W.; MEURER, E.; KÄMPF, N. Formas de potássio e mineralogia de dois solos após cultivos intensivos. In: REUNIÃO SUL-BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO “MANEJO SUSTENTÁVEL DO SOLO”, 2., Porto Alegre: 1998 **Anais... SBCS/NRS**.

MELO, G.W. **Mineralogia, cinética e disponibilidade de potássio em solos intemperizados do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, 1998. 138p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

MELO, V.F.; RIBEIRO, A.N.; MASCHIO, P.A.; CORRÊA, G.F. & LIMA, V.C. Mineralogia e formas de potássio e magnésio em diferentes classes de pesos e tamanhos da fração areia de solos do Triângulo Mineiro. . **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 28:219-231, 2004.

MEURER, E. J.; ANGHINONI, I. Disponibilidade de potássio e sua relação com parâmetros de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 17, n. 2, p. 375-382, 1993.

MEURER, E. J.; KÄMPF, N.; ANGHINONI, I. Fontes potenciais de potássio em alguns solos do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 20, p. 41-47, 1996.

MEURER, E.J.; ANGHINONI, I. Utilização de modelo mecanístico para avaliação da disponibilidade de potássio em solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.18, p.73-80, 1994.

MEURER, E.J.; INDA JÚNIOR, A.V. Potássio e adubos potássicos. In: BISSANI, C.A.; GIANELLO, C.; TEDESCO, M.J. CAMARGO, F.A.O. (Eds.). **Fertilidade dos solos e manejo da adubação de culturas**. Porto Alegre: Gênese, p.139-151, 2004.

MIELNICZUK, J. Avaliação da resposta das culturas ao potássio em ensaios de longa duração: experiências brasileiras In: YAMADA, T. (Ed.). **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba: POTAFOS/IAPAR, p.189-203, 1982.

MIELNICZUK, J. **O potássio no solo**. Piracicaba, Instituto de Potassa e do Fosfato, 1984. 80p. (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.

MORAIS, E.R.C.; ALVAREZ V., V.H.; NEVES, J.C.L.; MAIA, C.E. Formas de potássio em solos do Estado de Minas Gerais, e sua contribuição para o potássio não trocável. In: XXXI CONGRESSO BRASILEIRO DE CIENCIA DO SOLO. Gramado, 2007. **Anais...** Gramado: SBCS/UFRS, 2007. 5p. (CD ROM).

MOTERLE, D.F.; CASALI, C.A.; KAMINSKI, J.; RHEINHEIMER, D.S. Contribuição das formas de potássio no suprimento de uma sucessão de cultivos. In: XXX

CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO. Recife, 2005. **Anais...** Recife: SBCS, 2005. 3p. (CD ROM).

MUNN, D. A.; MCLEAN, E. O. Soil potassium relationships as indicated by solution equilibrations and plant uptake. **Soil Science Society of American Proceedings**, v. 39, p. 1072-1076, 1975.

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.

NACHTIGALL, G.R.; RAIJ, B.V. Análise e interpretação do potássio no solo. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T. (Eds.). **Potássio na Agricultura Brasileira**. Piracicaba: Potafós, 2005. p.93-113.

NACHTIGALL, G.R.; VAHL, L.C. Formas de potássio em solos da região sul do Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.13, p.7-12, 1989.

OLIVEIRA, F. A.; CARMELLO, Q. A. C.; MASCARENHAS, H. A. A.; Disponibilidade de potássio e suas relações com cálcio e magnésio em soja cultivada em casa-de-vegetação. **Scientia Agricola**, v.58, n.2, p.329-335, 2001.

OLIVEIRA, V. **Formas de potássio em 21 solos do Rio Grande do Sul e sua capacidade de suprir potássio às plantas.** Porto Alegre, 1970, 123p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

OLIVEIRA, V.; LUDWICK, A. E.; BEATTY, M. T. Potassium removed from some Southern Brazilian soils by exhaustive cropping and chemical extraction methods. **Soil Science Society of America Proceedings**, v. 35, n. 4, p. 763-767. 1971.

PATELLA, J.F. Influência de quinze anos de adubação NPK sobre o rendimento de trigo em algumas propriedades químicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.4, p.31-35,1980.

PREZOTTI, L.C.; DEFELIPO, B.V. Formas de potássio em solos do Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.11, p.109-114, 1987.

RAIJ, B. Van. **Potássio: necessidade e uso na agricultura moderna.** Piracicaba: POTAFÓS, 45p. 1990.

RASNAKE, M.; THOMAS, G.W. Potassium of some alluvial soils in Kentucky. **Soil Science of Society Americana Journal**, v.40, p.883-888, 1976.

SADUSKI, M. C. Kinetics and mechanisms of potassium release from sandy middle atlantic coastal plain soils. **Soil Science Society of American Proceedings**, v. 51, p. 1460-1465, 1987.

SCHROEDER, D. Relationship between soil potassium and the potassium nutrition of the plant. In: CONGRESS OF THE INTERNATIONAL POTASH INSTITUTE, 11., 1978, Bern. **Proceedings...** Bern: International Potash Institute, 1979. p.43-63.

SILVA, D.N.; MEURER, E.; KAMPF, N.; BORKET, C.M. 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, I.R.; FURTINI NETO, A.E.; FERNANDEZ, L.A.; CURI, N.; VALE, F.R. Formas, relação quantidade/intensidade e biodisponibilidade de potássio em diferentes Latossolos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, p.2065-2073, 2000.

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.

SPARKS, D. L. Chemistry of soil potassium in atlantic coastal plain soils. **Communication in soil science and Plant Analysis**, v. 11 n. 5, p. 435-449, 1980.

SPARKS, D. L. Nutrient balances and the need for potassium: In: potassium release from sandy soils. In: CONGRESS OF THE INTERNATIONAL POTASH INSTITUTE, 13th.IPI-congress, France1986, Reims, **Proceedings...** Bern: International Potash Institute, p. 43-63.

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.

SPARKS, D. L.; MARTENS, D. L.; ZELAZNY, L. W. Plant uptake and leaching of applied and indigenous potassium in Dothan soils. **Agronomy Journal**, v. 72: p. 551- 555, 1980.

SPARKS, D.L. Bioavailability of soil potassium. In: SUMNER, M.E. (Ed.). **Handbok of soil science**. Boca Raton: CRC Press, 2000. p.38-52.

TAIWO, A.A.; ADETUNJI, M.T.; AZEEZ, J.O.; BAMGBOSE, T. Potassium supplying capacity of some tropical alfisols in southwest Nigeria as measured by intensity, quantity and capacity factors. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**. v.84, n.2, p.105-118, 2009.

TISDALE, S.L.; NELSON, W.L.; BEATON, J.D. & HAVLIN, J.L. **Soil fertility and fertilizers**. New York : Macmillan, 1993. 634p.

UNAMBA-OPARAH, I. The potassium status of the Sandy soils of northern Imo State, Nigeria. **Soil Science Society of America journal**, 139:437-445, 1985.

VEDUIN, J. V. R. **Estimativa da disponibilidade de potássio em solo arenoso**. 1994. 43 f. Dissertação (mestrado em solos) - Universidade Federal de Santa Maria, 1994.

VILLA, M.R.; FERNANDES, L.A.; FAQUIN, V. Formas de potássio em solos de várzea e sua disponibilidade para o feijoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.649-658, 2004.

WERLE, R.; GARCIA, R.A.; ROSOLEM, C.A. Lixiviação de potássio em função da textura e da disponibilidade do nutriente no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.2297-2305, 2008.



## **CAPÍTULO ÚNICO**

## 1. INTRODUÇÃO

A maior parte do K total (98%) encontra-se na estrutura dos minerais primários e secundários (K estrutural) e uma pequena fração encontra-se em formas mais disponíveis as plantas, como ligado às cargas elétricas negativas (K trocável) ou na solução do solo (K solução) (Sparks, 2000). A forma com que o K se liga aos componentes da fase sólida do solo, bem como a energia dessas ligações, dão origem às diversas formas do elemento no solo (Ernani et al., 2007).

Em ordem crescente de disponibilidade para as plantas, o potássio (K) do solo pode ser classificado em: estrutural - (mineral), não trocável ou dificilmente disponível, trocável e em solução (Tisdale & Nelson, 1993). Estas frações encontram-se em equilíbrio dinâmico (Sparks, 1980).

Para obter-se uma melhor avaliação da disponibilidade de K para as plantas, é importante que se tenha conhecimento não só dos fatores quantidade (K trocável) e intensidade (K solução), mas também da relação entre esses dois fatores que constitui o poder tampão de potássio (PTK) do solo, ou seja a capacidade que o solo tem em manter certa concentração de K na solução, quando absorvida pelas plantas e/ou perdas ocorridas no solo (Goedert et al., 1975; Mielniczuk, 1984).

O sistema das relações Q/I foi desenvolvido por Beckett, (1964) após a confirmação da Lei da Relação estabelecida por Schofield (1947), citado por Goedert et al., (1975). O conceito de quociente de atividade de K (QAK), dado pela relação de atividades entre K e Ca  $[aK/(aCa)^{0,5}]$ , é uma medida do potencial químico do K em relação ao do cálcio presente na solução do solo (Beckett, 1964). Segundo esse autor, a disponibilidade de K no solo ou sua troca pelo Ca depende do potencial de K e do potencial de Ca. Como o Ca e o Mg apresentam propriedades de troca muito semelhantes, eles podem ser considerados como sendo uma única espécie e, dessa maneira, o QAK pode ser calculado como  $aK/(aCa + aMg)^{0,5}$  (Beckett, 1964).

O termo quantidade em relação ao QAK é medido em termos de  $\Delta K$  (Beckett e Nafady, 1967). Este termo representa a quantidade de K adsorvido ( $+\Delta K$ ) ou desorvido ( $-\Delta K$ ) pelo solo quando em equilíbrio com soluções de diferentes QAK.

Estudando solos de Oxford, Beckett (1964) verificou que a tendência da relação Q/I era similar com uma parte linear (superior) e uma na forma de curva assintótica (inferior). Como a inclinação da porção linear representa o poder tampão de potássio (PTK) do solo, em concentrações baixas de K trocável, maiores valores serão obtidos mediante o aumento do coeficiente de seletividade, ou seja, maior retenção de K em relação ao Ca mais Mg (Mielniczuk, 1984). A parte inferior da curva representa a quantidade total de K trocável no solo, sendo o K preferencial dado pela diferença entre os valores de  $\Delta K$  correspondente a extremidade da região curva e a extrapolação da região reta do gráfico. O K planar, deste modo, é a diferença entre o K trocável total e o K preferencial (Beckett e Nafady, 1967; Mielniczuk & Selbach 1978).

Essas medidas obtidas por meio da curva Q/I são muito variáveis de acordo com as características físico-químicas e mineralógicas dos solos. A composição do complexo sortivo ou tipo de argila predominante é que vai determinar se o K será mais ou menos facilmente liberado para a solução (Villa et al., 2004).

O presente estudo teve como objetivo caracterizar as formas de K e o poder tampão potássico em solos com diferentes teores de argila, para verificar a influencia da argila no comportamento do K no solo.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

O trabalho foi realizado no Laboratório de Química do Solo, da Universidade de Brasília - UnB. Foram utilizadas 38 amostras de solo da camada de 0 – 20 cm com textura variável ( $<150\text{g kg}^{-1}$ ;  $151\text{-}350\text{g kg}^{-1}$ ;  $351\text{-}360\text{g kg}^{-1}$ ;  $> 600\text{ g kg}^{-1}$  de argila) procedente do Centro de Tecnologia Agropecuária da Campo, situada em Paracatu-MG. As amostras foram secas ao ar, passadas em peneiras (malha 2mm) e homogeneizadas. Os atributos físicos e químicos dos solos utilizados se encontram nas tabelas 1 e 2. Esses dados foram obtidos no Laboratório de Solos do Centro de Tecnologia Agropecuária da Campo, com metodologias descritas em Embrapa (1979).

**Tabela 1-** Atributos físicos dos solos da camada de 0 – 20 cm.

Intervalo de argila	Amostra	Granulometria			Classe textural	Município
		Areia	Silte	Argila		
		-----g kg <sup>-1</sup> -----				
0-15	38	730	130	140	Franco-arenoso	Planaltina-DF
0-15	895	900	40	60	Areia	Chapada Gaúcha-MG
0-15	1049	910	60	30	Areia	Não identificado
0-15	1054	900	50	50	Areia	Não identificado
0-15	3014	860	40	100	Areia franca	Não identificado
0-15	3015	820	40	140	Franco-arenoso	Não identificado
0-15	3843	950	10	40	Areia	Barreiras-BA
0-15	3846	880	40	80	Areia franca	Barreiras-BA
0-15	3949	750	100	150	Areia franca	Não identificado
16-35	3948	710	100	190	Franco-arenoso	Não identificado
16-35	44	630	110	260	Franco-argilo-arenoso	Planaltina-DF
16-35	45	620	110	270	Franco-argilo-arenoso	Planaltina-DF
16-35	46	670	110	220	Franco-argilo-arenoso	Planaltina-DF
16-35	48	560	110	330	Franco-argilo-arenoso	Planaltina-DF
16-35	799	350	390	260	Franco	Várzea d Palma-MG
16-35	822	810	30	160	Franco-arenoso	Cristalina-GO
16-35	1096	800	40	160	Franco-arenoso	Lúis Eduardo Magalhães-BA
16-35	3855	720	90	190	Franco-arenoso	Corumbá-GO
16-35	3898	730	90	180	Franco-arenoso	Não identificado
16-35	73433	660	140	200	Franco-argilo-arenoso	Não identificado
36-60	50	410	130	460	Argila	Planaltina-DF
36-60	60	250	210	540	Argila	Planaltina-DF
36-60	686	160	320	520	Argila	Unai-MG
36-60	823	420	80	500	Argila	Cristalina-GO
36-60	1131	100	370	530	Argila	Cristalina-GO
36-60	1133	80	390	530	Argila	Cristalina-GO
36-60	1684	280	160	560	Argila	Não identificado
36-60	3619	370	130	500	Argila	Balsas-MA
36-60	3799	450	130	420	Argila-arenosa	Formoso-GO
36-60	1139	250	240	510	Argila	Não identificado
36-60	2720	110	340	550	Argila-siltosa	Não identificado
>60	838	160	200	640	Muito Argiloso	Não identificado
>60	1141	120	270	610	Muito Argiloso	Não identificado
>60	2162	40	260	700	Muito Argiloso	Cristalina-GO
>60	2165	30	310	660	Muito Argiloso	Cristalina-GO
>60	2439	130	230	640	Muito Argiloso	Não identificado
>60	2440	60	220	720	Muito Argiloso	Não identificado
>60	2020	70	260	670	Muito Argiloso	Não identificado

**Tabela 2-** Atributos químicos dos solos da camada de 0 – 20 cm.

Intervalo de argila	Amostra	pH	Matéria orgânica	P	Cátions Trocáveis				CTC	V
					K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>		
			dag kg <sup>-1</sup>	mg dm <sup>-3</sup>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>				%	
0-15	38	6,0	1,6	22,5	0,4	2,1	0,7	0,0	6,2	52,0
0-15	895	5,7	1,1	2,0	0,1	0,4	0,4	0,3	2,1	43,0
0-15	1049	6,0	0,7	15,1	0,1	1,1	0,5	0,0	3,5	49,0
0-15	1054	6,6	0,8	23,6	0,1	1,3	0,5	0,0	3,1	61,0
0-15	3014	7,0	0,9	6,3	0,1	1,1	0,6	0,0	2,5	72,0
0-15	3015	6,9	1,0	15,9	0,1	1,3	0,7	0,0	2,6	81,0
0-15	3843	6,7	1,1	18,6	0,1	1,3	0,4	0,0	3,1	58,0
0-15	3846	6,5	0,6	18,0	0,1	1,1	0,3	0,0	2,5	60,0
0-15	3949	7,1	1,2	17,3	0,1	1,2	0,8	0,0	4,3	77,0
16-35	3948	6,4	1,4	14,5	0,2	1,5	0,9	0,0	5,1	65,0
16-35	44	5,6	2,5	17,4	0,4	2,3	0,6	0,1	8,9	37,0
16-35	45	4,7	1,6	7,9	0,2	0,4	0,2	1,1	4,6	17,0
16-35	46	5,8	1,8	15,9	0,3	2,4	0,7	0,0	7,7	44,0
16-35	48	6,0	2,5	8,4	0,3	3,2	1,1	0,0	9,2	50,0
16-35	799	6,0	1,6	3,1	0,3	2,8	0,9	0,2	7,1	56,0
16-35	822	6,2	1,6	37,6	0,3	2,0	0,8	0,0	4,7	66,0
16-35	1096	5,9	1,6	5,1	0,1	2,1	0,6	0,0	6,3	44,0
16-35	3855	5,4	2,1	45,4	0,2	1,0	0,5	0,2	6,2	27,0
16-35	3898	4,3	1,5	1,2	0,1	2,0	1,2	0,1	8,1	41,0
16-35	73433	7,2	2,3	17,0	0,1	1,7	0,9	0,0	5,9	81,0
36-60	50	6,4	2,8	7,5	0,4	4,0	1,3	0,0	8,7	66,0
36-60	60	6,3	3,4	9,6	0,2	4,1	0,8	0,0	8,9	57,0
36-60	686	5,6	3,4	17,4	0,2	2,5	0,8	0,1	10,4	34,0
36-60	823	5,8	3,9	23,8	0,4	2,5	0,8	0,2	11,5	32,0
36-60	1131	6,0	3,5	11,3	0,5	4,3	0,6	0,0	10,3	52,0
36-60	1133	5,8	4,3	17,3	0,4	3,9	0,5	0,0	10,7	45,0
36-60	1684	5,3	2,0	0,8	0,2	0,3	0,3	0,9	7,1	11,0
36-60	3619	4,8	1,6	1,1	0,1	0,4	0,1	0,7	5,4	11,0
36-60	3799	6,1	2,2	9,0	0,2	1,8	1,0	0,0	6,1	49,0
36-60	1139	6,2	3,2	12,6	0,1	3,3	1,0	0,0	10,7	59,0
36-60	2720	6,1	4,6	11,8	0,1	3,2	1,0	0,0	10,4	54,0
>60	838	5,6	1,8	1,4	0,1	1,5	1,2	0,2	6,3	44,0
>60	1141	6,4	3,1	18,0	0,2	4,0	0,6	0,0	9,7	49,0
>60	2162	5,5	3,0	4,4	0,3	1,5	0,4	0,1	7,6	29,0
>60	2165	5,4	2,3	1,8	0,2	1,1	0,3	0,0	5,4	30,0
>60	2439	5,7	2,2	13,9	0,3	2,4	1,2	0,0	9,0	43,0
>60	2440	6,2	2,2	5,8	0,3	3,1	0,9	0,0	7,9	54,0
>60	2020	6,2	3,1	12,7	1,0	3,9	1,4	0,0	12,6	57,0

pH em H<sub>2</sub>O; Matéria orgânica – método Walkley e Black; P e K extrator Mehlich-I; Ca, Mg e Al extrator KCl 1 mol L<sup>-1</sup>.

## 2.1. Análises Químicas

### 2.1.1. Determinação dos teores de potássio disponível

O teor de K disponível no solo foi determinado após a extração pela solução Mehlich I (Embrapa, 1979). Para o preparo da solução extratora HCl 0,05N + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,025N, foram pipetado 25ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1 N e 50 ml de ácido clorídrico 1 N,

transferiu-se para balão volumétrico de 1000ml e completou-se o volume com água destilada. No preparo da solução estoque  $100 \mu\text{g ml}^{-1} \text{K}^+$  (100 ppm  $\text{K}^+$ ) pesou-se 0,191g de KCl, transferiu-se para balão volumétrico de 1000 ml e completou-se com água destilada. Para o preparo das soluções de trabalho contendo 3 - 6 - 9 - 15 e  $25 \mu\text{g ml}^{-1} \text{K}^+$ , foram pipetados 30, 60, 90, 150 e 250 ml da solução estoque, transferiu-se para balão volumétrico de 1000ml e completou-se o volume com a solução extratora.

Pesou-se 5 g de solo num erlenmeyer de 125 ml, adicionou-se 50 ml da solução extratora, agitou-se por 5 minutos e foram mantidas em repouso por 12 horas e filtradas. Foram feitas as leituras das soluções de trabalho (curva padrão) e do filtrado no fotômetro de chama.

### **2.1.2. Determinação dos teores de potássio na solução**

Para determinar a concentração de K na solução do solo, utilizou-se o método de equilíbrio com a solução de  $\text{CaCl}_2$  1 mM (Mielniczuk, 1984). Para o preparo da solução extratora  $\text{CaCl}_2$  1 mM, foi dissolvido em água destilada  $0,14701 \text{ g l}^{-1}$  de  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . Pesaram-se duplicatas de 2,5 g das amostras em tubos de centrifuga e foram adicionados 25ml da solução de  $\text{CaCl}_2$  1mM, agitou-se por 1 hora em agitador horizontal e repousaram por 2 horas. Centrifugou-se por 30 minutos a 2.500 rpm. Decantou-se o sobrenadante em frascos limpos, em seguida foram filtrados. Para a leitura do filtrado no fotômetro de chama foi preparada uma curva padrão de 0; 1; 2; 5; e  $10 \mu\text{g ml}^{-1} \text{K}^+$  partindo de uma solução estoque de  $1000 \mu\text{g ml}^{-1} \text{K}^+$ .

### **2.1.3. Determinação dos teores de potássio não-trocável**

Para esta determinação utilizou-se o método proposto por Helmke & Sparks (1996). Foi preparada a solução extratora  $\text{HNO}_3$  1 M adicionando 69,24 ml de Ácido Nítrico concentrado em um litro de água destilada. Preparou-se uma solução padrão

de 0; 5; e 10  $\mu\text{g ml}^{-1} \text{K}^+$  a partir de uma solução estoque de 1000  $\mu\text{g ml}^{-1} \text{K}^+$ . Pesou-se 2,5 g da amostra em um erlenmeyer de 125ml, seguido da adição de 25 ml da solução extratora  $\text{HNO}_3$  1 M, em seguida foram colocados em uma chapa quente até ferverem, deixou-se esfriar por 5 minutos e foram filtrados. Em seguida foram lavados com quatro alíquotas de 15ml de  $\text{HNO}_3$  1 M. Foram completados com uma solução de  $\text{HNO}_3$  0,1 M até 125 ml. O filtrado foi analisado no fotômetro de chama.

#### **2.1.4. Determinação dos teores de potássio trocável**

Utilizou-se o método descrito por Mielniczuk (1984). Para o preparo da solução extratora dissolveu-se 77,08 g  $\text{l}^{-1}$  de  $\text{NH}_4\text{OAc}$  e ajustado o pH para 7,0. Pesaram-se duplicatas de 2,5 g das amostras em tubos de centrifuga e foram adicionados 25ml da solução de  $\text{NH}_4\text{OAc}$  1N, agitou-se por 1 hora em agitador horizontal. Centrifugou-se por 15 minutos a 1.500 rpm. Decantou-se o sobrenadante em frascos limpos. Adicionou-se uma nova alíquota de 25ml de  $\text{NH}_4\text{OAc}$  1N pH7 que foram novamente agitados por 1 hora, centrifugados e decantados para o mesmo recipiente. Para a leitura do filtrado no fotômetro de chama foi preparada uma curva padrão de 0; 2; 5; 10; 15; e 20 $\mu\text{g ml}^{-1} \text{K}^+$  partindo de uma solução estoque de 1000 $\mu\text{g ml}^{-1} \text{K}^+$ .

#### **2.1.5. Determinação dos teores total de potássio**

Para a determinação do teor de K total, utilizou-se o método do ataque sulfúrico (Embrapa, 1997). Pesou-se 1g de solo que foi colocado num erlenmeyer de 500ml, adicionou-se 20ml de ácido sulfúrico diluído de 1:1 e foi fervido durante meia hora. Após esfriar foi adicionado 50ml de água e foi filtrado para um balão de 250ml, lavando o resíduo com água até completar o volume. A determinação das concentrações foram por espectrofotometria de absorção atômica (EAA).

### 2.1.6. Determinação da curva quantidade/intensidade (Q/I) completa

Para a determinação da curva Q/I completa utilizou-se o método que se baseia no princípio de trocas de cátions ( Mielniczuk, 1984). Para o preparo das duas soluções primárias foram dissolvidas em água destilada 26,664 g L<sup>-1</sup> de SrCl<sub>2</sub>. 6H<sub>2</sub>O para a solução de SrCl<sub>2</sub> 100mM e 1,864 g L<sup>-1</sup> de KCl para a solução de KCl 25 mM. Partindo das soluções primárias prepararam-se as soluções secundárias da tabela 3.

**Tabela 3-** Soluções de SrCl<sub>2</sub> 100mM com varias concentrações de K na forma de KCl.

<b>Identificação da solução</b>	<b>ml l<sup>-1</sup> SrCl<sub>2</sub> 100mM</b>	<b>ml l<sup>-1</sup> KCl 25 mM</b>	<b>Conc. de K Ki (meq l<sup>-1</sup>)</b>
<b>A</b>	10	40	1,000
<b>B</b>	10	30	0,750
<b>C</b>	10	20	0,500
<b>D</b>	10	10	0,250
<b>E</b>	10	5	0,125
<b>F0 –F4</b>	10	0	0,000

Pesou-se em tubos de centrifuga amostras de solo em duplicatas e adicionaram-se as soluções de SrCl<sub>2</sub> e KCl apresentado na tabela 3 conforme o esquema apresentado na tabela 4. Agitou-se por uma hora em agitador horizontal, repousaram por duas horas e centrifugou-se por 30 minutos a 2500 rpm. Decantou-se o sobrenadante e determinou-se no ICP as concentrações de Ca, Mg e Sr. As concentrações de K foram determinadas no fotômetro de chama.



**Tabela 4-** Quantidade de solo a pesar por tubo, solução a adicionar e o fator solução: solo.

Identificação dos tubos	Pesar g solo/tubo	Adicionar 30ml da solução	Fator "f" (solução:solo/10)
A	3,0	A	1,0
B	3,0	B	1,0
C	3,0	C	1,0
D	3,0	D	1,0
E	3,0	E	1,0
F0	3,0	F	1,0
F1	1,5	F	2,0
F2	0,8	F	3,75
F3	0,4	F	7,5
F4	0,2	F	15,0

O fator quantidade, representado pela adsorção (+ $\Delta K$ ) ou dessorção (- $\Delta K$ ) de K nos solos foi determinado pela diferença entre a concentração do elemento nas soluções iniciais ( $K_i$ ) e a concentração após o equilíbrio com o solo ( $K_f$ ), multiplicados pelo fator de diluição "f" (Equação 1).

$$\Delta K = (K_i - K_f) \times f \quad (\text{mmolc kg}^{-1} \text{ de solo}) \quad (\text{Equação 1})$$

onde,  $f = 10$  (30 ml/3 g)

O fator intensidade, representado pelo quociente de atividade de potássio (QAK) foi determinado pela relação entre a atividade de K na solução de equilíbrio ( $K_f$ ) pela atividade de  $\sqrt{(Ca + Mg + Sr)}$ , de acordo com a Equação 2.

$$QAK = \frac{K_f}{\sqrt{Ca + Mg + Sr}} \quad (\text{mmol l}^{-1})^{0,5} \quad (\text{Equação 2})$$

O gráfico de QAK(I) versus  $\Delta K(Q)$  fornece a curva Q/I, conforme ilustrado na figura 2.

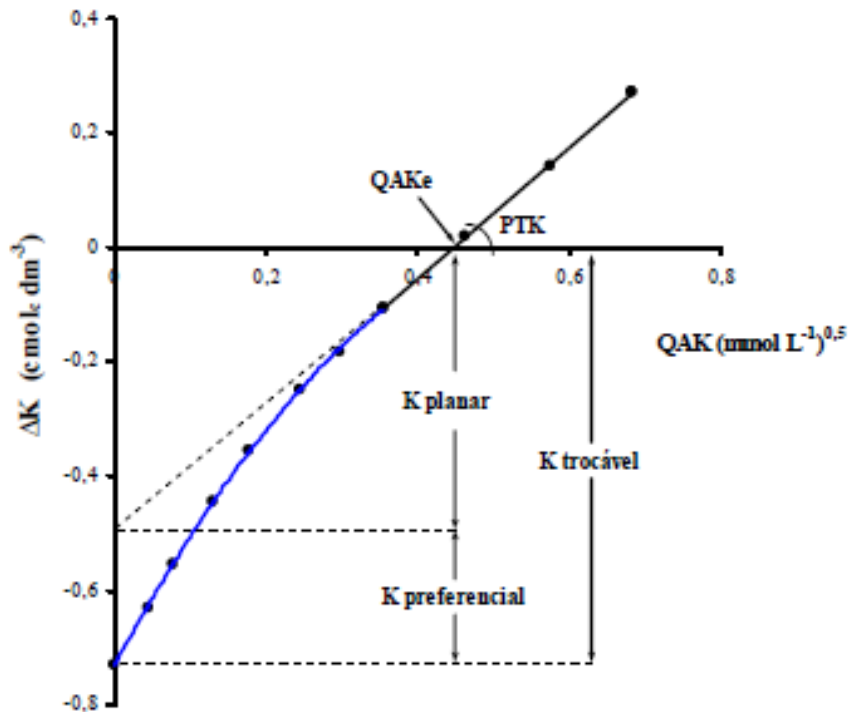


FIGURA 2. Representação da curva quantidade/intensidade (Q/I) para potássio.

Fonte: Adaptado de Mielniczuk (1984).

## 2.2 Análise estatística

Por meio de uma equação booleana linear  $y = (a+bx)(\leq q) + (c+dx)(x > q)$  ajustada para cada solo, foi construída a “curva” que relaciona o  $\Delta K$  e o QAK e estimaram-se os valores de K trocável (a), K planar (c), K preferencial (K trocável – K planar), poder tampão de K (PTK =  $K_{\text{planar}} / QAK_e$ ) e quociente de atividade de equilíbrio ( $QAK_e$ ) (c/d). O  $QAK_e$  foi considerado o ponto onde  $\Delta K$  foi igual a zero (Mielniczuk, 1984). Utilizou-se o software Retas LP (Oliveira, dados não publicados), na avaliação das significâncias estatísticas dos modelos de regressão.

### 3.RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Formas de K no solo

Considerando o valor médio das amostras de solo da Tabela 5, a maior parte do K desses solos (95,1 %) encontra-se na forma estrutural, apenas 4,9 % apresenta-se na forma trocável (extraído com acetato de amônia), observação semelhante a Sparks (2000). Já o K não trocável representa 12,2% do K total.

Foi observada uma correlação significativa a 5% (0,334\*) entre o K total e argila (Tabela 6), entretanto quanto feita a correlação do K total com silte o valor da correlação foi superior (0,57\*\*) e significativa a 1%. Essa observação sugere que os minerais que contribuem para o K estrutural estão presentes mais na fração silte do que na fração argila.

Estudos realizados, em diversos solos brasileiros, demonstram que o K trocável está estreitamente relacionado com o K total e o K não-trocável, conforme verificado por Crisóstomo e Castro (1970); Chaves e Dias (1996), em solos do nordeste, Braga (1972); Prezotti e Defelipo (1987); Villa et al. (2004), em solos de Minas Gerais, Mielniczuk e Selbach (1978); Nachtigall e Vahl (1989), em solos do Rio Grande do Sul. Nestes trabalhos foram constatados que os solos que possuem maiores teores de K trocável, suprimento em curto prazo, possuem também maiores teores de K não-trocável e total, suprimento a médio e longo prazo, respectivamente.

Para os solo estudados nesse trabalho não foi observada correlação significativa entre o K total e K trocável (Tabela 6), mas foi obtida correlação significativa a 1% ( $r=0,497^{**}$ ) entre K trocável e K não trocável (extraído com ácido nítrico). Para essa relação foram observados dois grupos distintos de solos, em que foi possível obter correlações significativas a 1%. Em um dos grupos com teor médio de K trocável de  $94 \text{ mg kg}^{-1}$  e não trocável de  $548 \text{ mg kg}^{-1}$  (11 pares) a correlação foi de  $0,989^{**}$  enquanto que para o grupo de teor médio de K trocável de  $109 \text{ mg kg}^{-1}$  e não trocável de  $145 \text{ mg kg}^{-1}$  (27 pares) a correlação foi de  $0,96^{**}$  (Figura 11). Uma particularidade do grupo com 11 pares é quanto ao teor de silte, que foi em média  $80 \text{ g kg}^{-1}$  e teor médio de K total de  $555 \text{ mg kg}^{-1}$ , enquanto que para o grupo de 27

pares o teor médio de silte foi de  $180 \text{ g kg}^{-1}$  e o teor médio de K total de  $2791 \text{ mg kg}^{-1}$ . Isso poderia ser explicado se conhecêssemos a mineralogia desses solos, pois no grupo com teor médio de silte menor, foi onde se observou maior teor de K não trocável em relação ao trocável.

Os valores para correlação entre o K Mehlich-I, K solução (extraído com  $\text{CaCl}_2$ ) e o K trocável (extraído com acetato de amônio) e CTC foram significativas a 1% (Tabela 6). Essa correlação indica que solos com maiores CTC apresentam maior potencial em reter K, observação semelhante a obtida por Villa et al. (2004). Isso se deve em decorrência destes solos necessitarem de maior quantidade de K para atingir a mesma saturação por este nutriente na CTC do solo.

De acordo com Castilhos e Meurer (2001), a fração argila foi responsável pela maior liberação de K em relação ao silte e areia. A fração argila apresentou o maior teor de K total, principalmente para os solos mais intemperizados (Melo et al., 2003).

Meurer e Rosso (1997), verificaram que o K trocável é considerado como a principal fração do nutriente que está disponível para a absorção pelas plantas, principalmente nos solos muito intemperizados dos trópicos. O K trocável foi a forma que mais contribuiu para a absorção desse elemento pelo feijoeiro Villa et al., (2004).

De acordo com Meurer e Anghinoni (1993) a CTC representa a capacidade do solo em suprir a demanda gerada pela solução do solo, onde o aumento na CTC representa o incremento nos sítios de troca para adsorção de K. Solos com maiores CTC necessitariam de maiores teores de K para satisfazer as relações iônicas com outros cátions e facilitar a sua capacidade de liberação e suprimento (Meurer & Anghinoni, 1993).

Silva & Meurer (1988) concluem que a CTC é a propriedade que melhor permite caracterizar grupos de solos, porque esta reúne outros fatores do solo que afetam a disponibilidade de K como: MO, a fração silte, tipo de argilo mineral dominante e o teor de argila, corroborando com este estudo que mostra a correlação significativa entre teor de argila e matéria orgânica e CTC (Tabela 6) e (Figuras 3 e 4).

As formas imediatas disponíveis de K para as plantas são o K trocável e o K em solução, sendo estas as determinadas na análise química do solo em laboratórios de rotina, que utilizam o extrator Mehlich-1. Este extrator é utilizado nos laboratórios de análise de solo da região de Cerrados como principal indicador da disponibilidade de potássio para as plantas,

Verifica-se que o K extraído com Mehlich-1 se correlacionou significativamente com teor de argila, matéria orgânica, CTC, K em  $\text{CaCl}_2$ , K em  $\text{NH}_4\text{OAc}$ , K em  $\text{HNO}_3$ , PTK e K planar (Tabela 6). A correlação entre as formas prontamente disponíveis (K disponível, trocável e na solução) (Figuras 5 e 6), é devido ao rápido equilíbrio que existem entre estas formas no solo e corroboram com os dados obtidos por Morais et al. (2007).

O K trocável é a fonte de maior interesse para a nutrição vegetal devido ao equilíbrio rápido que pode manter com a K da solução do solo. À medida que o K é retirado da solução do solo, absorvido ou lixiviado, é reabastecido pelo K trocável adsorvido com baixa energia nas superfícies dos colóides Steiner (2010).

As baixas capacidades de troca e de fixação em formas não trocável dos solos muito intemperizados das regiões tropicais e mais as chuvas pesadas que ocorrem em termos de qualidade e duração ajudam a entender a lixiviação do K do solo e do adubo aplicado. Daí a necessidade prática de se parcelar o ultimo quando o solo pede doses relativamente altas (Malavolta, 2006).

De acordo com Ernani et al., (2007), em solos que necessitam de uma dose muito alta na semeadura recomenda-se o parcelamento da adubação, independentemente da CTC.

Todos os solos em maior ou menor grau apresentam K em formas não-trocáveis, ou não extraídas convencionalmente para avaliar a disponibilidade de K. Essas formas de K no solo podem suprir as plantas de modo indireto, repor o K trocável ou ser absorvidas por algumas espécies (Meurer & Anghinoni, 1993).

O K não trocável, em alguns solos, pode contribuir expressivamente para o suprimento do K às plantas. Nos solos estudados verificou-se um comportamento

diferencial para K não-trocável. Há uma maior quantidade de K não-trocável nos solos com textura arenosa e média em relação ao de textura argilosa e muito argilosa (teor médio de K não trocável de  $334 \text{ mg kg}^{-1}$  para os solos com textura arenosa e média, e para as texturas argilosa e muito argilosa  $182 \text{ mg kg}^{-1}$ ).

Segundo Castilhos e Meurer (2001), o K não-trocável pode ser uma fonte disponível às plantas em médio prazo. Contudo, a cinética de liberação desta forma de K para a solução do solo é muito variável, dependendo principalmente de fatores relacionados com a mineralogia do solo e a sua proporção em cada fração granulométrica e com a seletividade da fase mineral pelo K (Mello et al., 1995; Castilhos e Meurer, 2001).

O K trocável se correlacionou significativamente com o teor de argila, matéria orgânica, CTC e K na solução (Tabela 6), comprovando as interações explicadas anteriormente.

### **3.2 Parâmetros da relação Q/I com os métodos de avaliação da disponibilidade de K no solo**

Quanto as relações quantidade/intensidade (Tabela 7), todos os solos estudados, apresentaram relação linear e significativa ( $r > 0,798$   $p < 0,01$ ), indicando, segundo Defelipo (1974) em que nos colóides dos solos, com predomínio de argilominerais do tipo 1:1 como os brasileiros, não existem locais específicos para adsorção do potássio.

O K planar é o K que é adsorvido nos pontos de trocas planares, ou seja, aqueles com menor energia de adsorção, esse K é responsável imediato pela manutenção do K na solução (Villa et al., 2004). O K planar mostra que quantidade do K trocável está adsorvido com menor energia de adsorção. O K na solução do solo está em equilíbrio com o K planar e com o K adsorvido nos pontos preferenciais (Mielniczuk, 1984).

O potássio planar se correlacionou significativamente com o K Mehlich-I ( $r = 0,866$ ;  $p < 0,01$ ) (Figura 8), K solução ( $r = 0,903$ ;  $p < 0,01$ ) (Figura 10) e K trocável

( $r=0,880$ ;  $p<0,01$ )(Figura 9). Onde de acordo com Villa et al., (2004) o K adsorvido na posição planar é responsável imediato pela manutenção do K em solução.

O K trocável da curva Q/I representa o K adsorvido nos pontos de troca planar e preferencial. Neste estudo este K obteve-se correlação com K trocável (extraído com acetato de amônio), K disponível e K da solução (Tabela 6).

O poder tampão potássico (PTK), determina a capacidade dos solos em manter determinada concentração de K na solução quando da absorção pelas plantas e/ou perdas ocorridas no solo (Silva et al., 2000). Neste estudo o PTK correlacionou-se com o teor de argila, K trocável, K em solução, CTC e matéria orgânica (Tabela 6). O PTK está estreitamente relacionado com as propriedades do solo, teor e qualidade da argila, CTC e matéria orgânica (Montoya et al., 2007). Steiner (2010), também encontrou significância entre o PTK e o K prontamente disponível (K disponível, trocável e em solução).

Os dados médios de PTK para os solos de textura arenosa, média, argilosa e muito argilosa foram  $0,15$  ;  $0,21$  ;  $0,30$  e  $0,29$   $\text{mmol kg}^{-1}/(\text{mmol l}^{-1})^{0,5}$ , respectivamente (Tabela 5). Isso indica que quanto menor o teor de argila do solo maior cuidado se deverá ter com adubação das culturas com K, pois solos com menor PTK, o que foi observado nos solos arenosos, pode ocorrer perdas por lixiviação.

Segundo Montoya et al.,(2007), o PTK pode ser usado para determinar a quantidade de K disponível em solos agrícolas, e que em solos arenosos podem elevar os níveis de K mais rápido e com menos fertilizantes do que solos com alto teor de argila do tipo 2:1.

Gianello e Mielniczuk (1981) verificaram que o PTK foi o segundo fator que mais influenciou a absorção de K pelo milho em solos do Rio Grande do Sul, só superado pela concentração de K na solução do solo.

Mielniczuk (1984) afirma que em solos com baixo PTK (arenosos, cauliníticos e com baixo teor de matéria orgânica) grandes adições de K elevarão demasiadamente o K na solução propiciando perdas por lixiviação ou consumo de

luxo pelas plantas. Enquanto que solos com alto PTK exigiram altas aplicações de K para atingir valor de K na solução adequado para as plantas.



**Tabela 5-** Teor de argila, Matéria Orgânica, CTC, K extraído com Mehlich-I, K extraído com cloreto de cálcio(CaCl<sub>2</sub>), K extraído com acetato de amônio (NH<sub>4</sub>OAc), K total extraído com ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>),K extraído com ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>), poder tampão de potássio (PTK), potássio planar, potássio preferencial e potássio trocável de amostras de solo da camada de 0 – 20 cm..

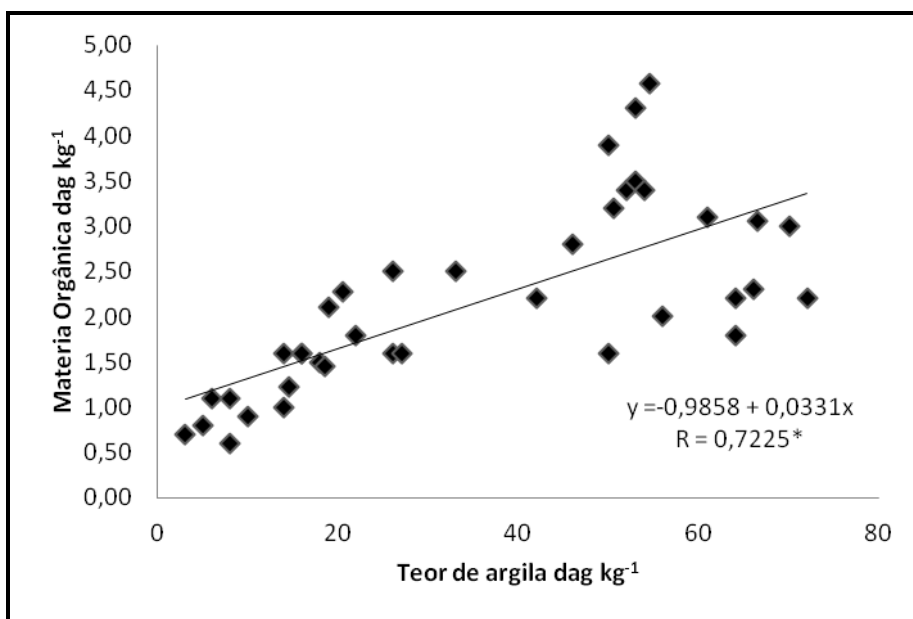
Intervalo de argila	amostra	argila	MO	CTCt	K			K total	K HNO <sub>3</sub>	PTK (Q/I)	K planar (Q/I)	K pref. (Q/I)	K troc.I (Q/I)
					Mehlich 1	CaCl <sub>2</sub>	NH <sub>4</sub> OAc						
		dag kg <sup>-1</sup>	cmolc dm <sup>-3</sup>	mg kg <sup>-1</sup>					mmol kg <sup>-1</sup> / (mmol l <sup>-1</sup> ) <sup>0,5</sup>	mg kg <sup>-1</sup>			
0-15	1049	3	0,70	3,50	29,9	25,1	40,5	443	42,6	0,31	65,79	7,68	73,48
0-15	1054	5	0,80	3,10	29,9	29,8	50,4	355	323,0	0,04	30,83	36,62	67,45
0-15	895	6	1,10	2,10	24,7	21,1	37,2	346	42,6	0,06	18,49	30,51	48,99
0-15	3843	8	1,10	3,10	23,4	18,6	35,1	355	35,3	0,21	18,21	29,96	48,16
0-15	3846	8	0,60	2,50	32,6	27,0	48,2	331	305,0	0,18	26,48	67,12	93,60
0-15	3014	10	0,90	2,50	16,9	16,1	29,7	171	163,0	0,07	28,91	15,24	44,15
0-15	38	14	1,60	6,20	126,8	83,7	156,7	3163	166,0	0,26	110,75	106,00	216,76
0-15	3015	14	1,00	2,60	26,0	21,8	36,2	212	199,0	0,06	23,81	140,38	164,19
0-15	3949	15	1,22	4,31	56,1	45,4	79,8	639	87,2	0,20	53,76	145,53	199,29
16-35	822	16	1,60	4,70	128,5	116,3	172,2	333	872,0	0,16	114,95	174,70	289,65
16-35	1096	16	1,60	6,30	37,0	24,1	33,0	177	37,2	0,09	28,42	41,88	70,30
16-35	3898	18	1,50	8,10	47,6	32,5	58,0	773	52,8	0,02	37,42	33,89	71,31
16-35	3948	19	1,45	5,09	91,5	59,2	103,7	640	624,0	0,23	74,80	0,00	74,80
16-35	3855	19	2,10	6,20	48,9	19,3	48,1	3300	83,7	0,33	27,31	276,30	303,61
16-35	73433	20	2,27	5,93	51,6	25,8	46,0	188	41,8	0,19	40,13	273,63	313,76
16-35	46	22	1,80	7,70	100,6	70,4	135,9	978	837,0	0,23	73,91	44,02	117,93
16-35	44	26	2,50	8,90	100,6	88,9	166,9	974	943,0	0,20	121,67	144,58	266,26
16-35	799	26	1,60	7,10	133,8	66,8	149,1	7375	297,7	0,23	71,60	66,93	138,54
16-35	45	27	1,60	4,60	60,9	59,4	109,1	932	660,0	0,24	66,32	29,76	96,08
16-35	48	33	2,50	9,20	117,9	63,2	146,2	859	872,0	0,40	86,79	72,89	159,68
36-60	3799	42	2,20	6,10	57,6	38,3	66,3	903	84,4	0,25	57,26	255,52	312,78
36-60	50	46	2,80	8,70	131,1	85,4	152,9	769	155,6	0,42	110,16	59,78	169,94
36-60	823	50	3,90	11,50	148,1	98,0	169,8	357	174,8	0,23	115,69	142,45	258,14
36-60	3619	50	1,60	5,40	22,2	15,9	33,0	325	234,0	0,12	29,68	407,91	437,58
36-60	1139	51	3,19	10,66	54,5	28,0	55,8	447	79,5	0,21	39,77	50,39	90,16
36-60	686	52	3,40	10,40	90,4	39,2	106,3	5781	153,7	0,65	55,15	197,30	252,45
36-60	1131	53	3,50	10,30	240,0	75,7	270,6	9875	385,6	0,30	121,76	80,59	202,35
36-60	1133	53	4,30	10,70	247,9	104,9	247,8	4375	354,2	0,39	174,01	135,29	309,30
36-60	60	54	3,40	8,90	64,2	31,1	61,8	933	93,6	0,31	38,92	31,47	70,40
36-60	2720	55	4,58	10,37	34,6	20,0	40,3	12750	70,5	0,27	29,16	99,48	128,64

<b>36-60</b>	1684	56	2,00	7,10	79,9	33,5	92,2	11131	198,4	0,16	48,26	545,70	593,95
<b>&gt;60</b>	1141	61	3,10	9,70	66,7	40,9	67,3	320	96,8	0,21	43,52	33,41	76,93
<b>&gt;60</b>	838	64	1,80	6,30	51,4	20,7	59,0	1838	92,1	0,45	39,45	101,60	141,04
<b>&gt;60</b>	2439	64	2,20	9,00	143,0	51,4	185,4	345	216,0	0,30	82,04	52,90	134,93
<b>&gt;60</b>	2165	66	2,30	5,40	71,3	41,7	71,5	515	81,6	0,08	32,45	47,03	79,48
<b>&gt;60</b>	2020	67	3,06	12,58	383,8	142,5	391,5	307	524,7	0,46	186,18	266,17	452,36
<b>&gt;60</b>	2162	70	3,00	7,60	126,2	86,2	92,2	317	132,8	0,23	113,05	141,54	254,59
<b>&gt;60</b>	2440	72	2,20	7,90	127,8	81,7	133,6	7638	141,4	0,28	99,49	33,77	133,26

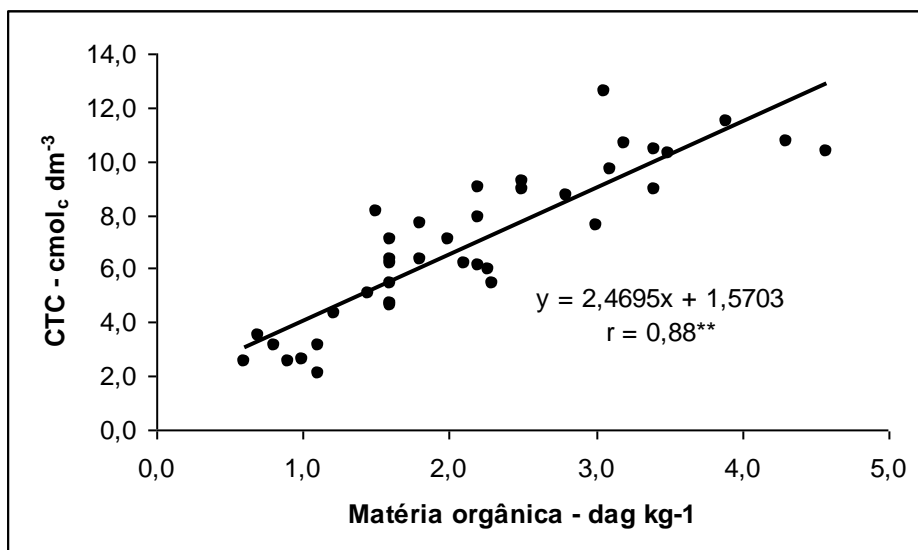
**Tabela 6** - Coeficiente de correlação linear simples entre as várias características relacionadas com a disponibilidade de potássio nas amostras de solos da camada de 0 – 20 cm.

	Teor de argila	MO	CTC	K Mehlich I	K CaCl <sub>2</sub>	K NH <sub>4</sub> OAc	K total	K HNO <sub>3</sub>	PTK	K planar	K pref.
MO	0,723**										
CTC	0,709**	0,881**									
K Mehlich-I	0,467**	0,506**	0,653**								
K CaCl <sub>2</sub>	0,305	0,385*	0,510**	0,861**							
K NH <sub>4</sub> OAc	0,380*	0,439**	0,614**	0,974**	0,884**						
K total	0,334*	0,409**	0,341*	0,193	0,032	0,179					
K HNO <sub>3</sub>	-0,121	-0,013	0,122	0,365*---	0,559**	0,497**	-0,083				
PTK	0,452**	0,516**	0,570**	0,493**	0,346*	0,474**	0,251	0,107			
K planar	0,356*	0,458**	0,575**	0,904**	0,948**	0,913**	0,097	0,482**	0,462**		
K pref.	0,236	0,134	0,130	0,130	0,036	0,101	0,270	-0,019	0,094	0,079	
K troc.	0,335*	0,276	0,312	0,422*	0,351*	0,399*	0,280	0,144	0,241	0,408*	0,943**

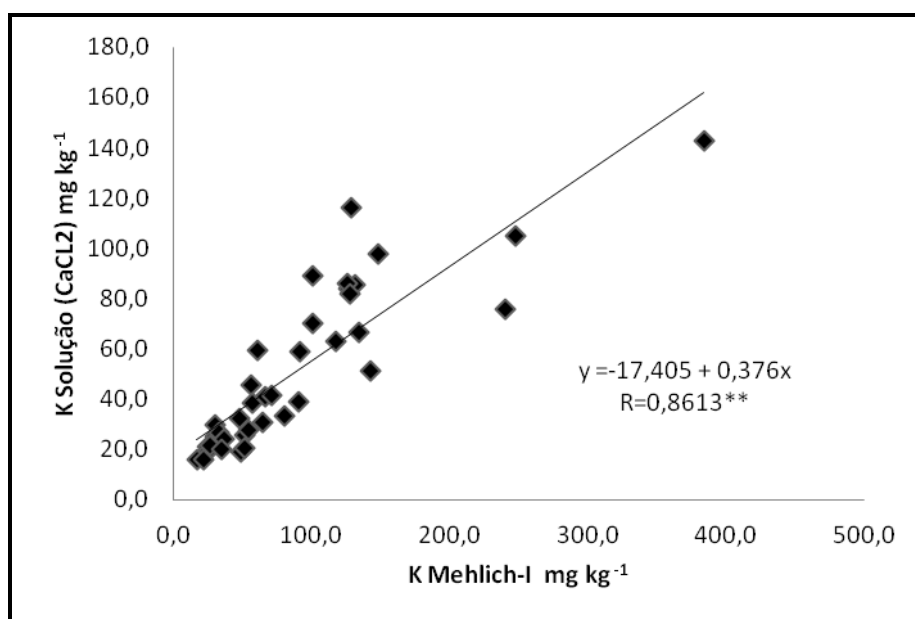
PTK = poder tampão potássico; K pref.= potássio preferencial; K troc.= potássio trocável (K planar + K preferencial). \* e \*\* significativo ao nível 5% e 1% pelo teste t, respectivamente.



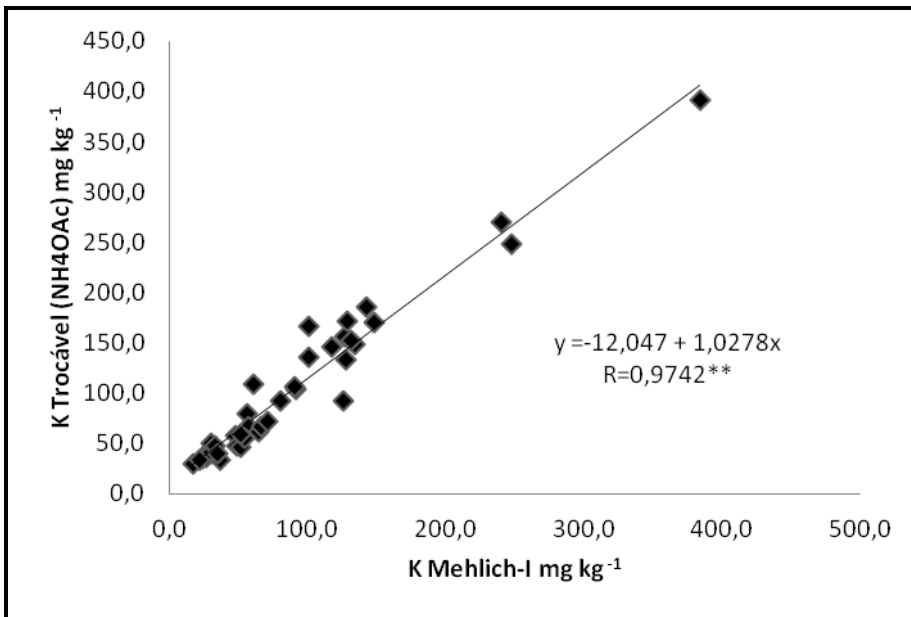
**Figura 3-** Relação entre o teor de argila com a matéria orgânica de amostras de solo da camada de 0 – 20 cm.



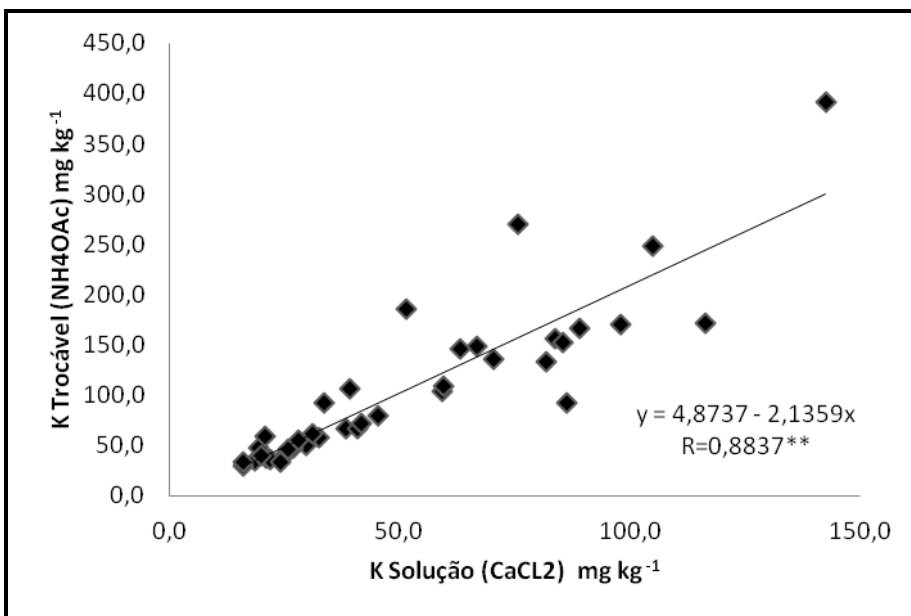
**Figura 4-** Relação entre a matéria orgânica e a CTC de amostras de solo da camada de 0 – 20 cm.



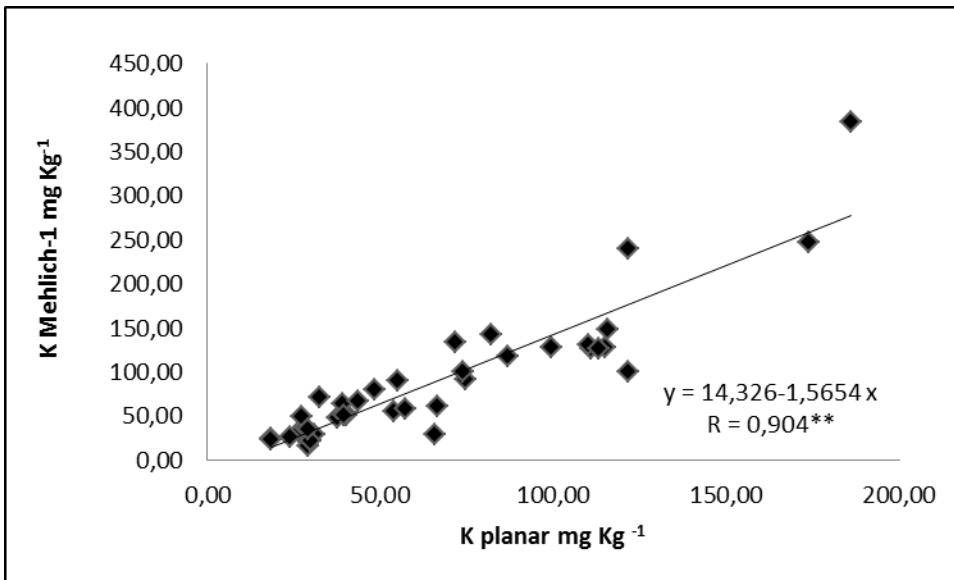
**Figura 5-** Relação entre o K Solução ( $\text{CaCl}_2$ ) e o K em Mehlich-I de amostras de solo da camada de 0 – 20 cm.



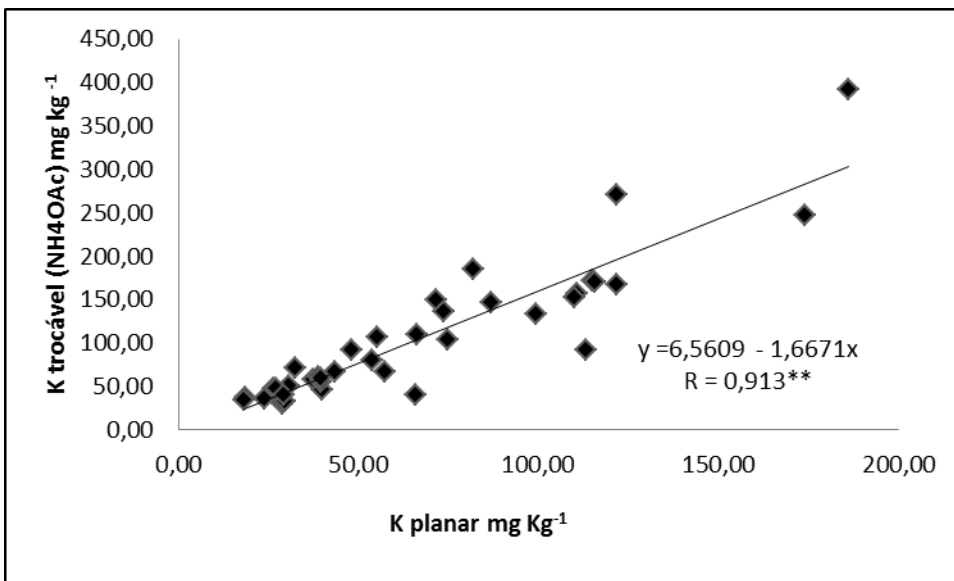
**Figura 6-** Relação o K Trocável (NH<sub>4</sub>OAc) com o K em Mehlich-I de amostras de solo da camada de 0 – 20 cm.



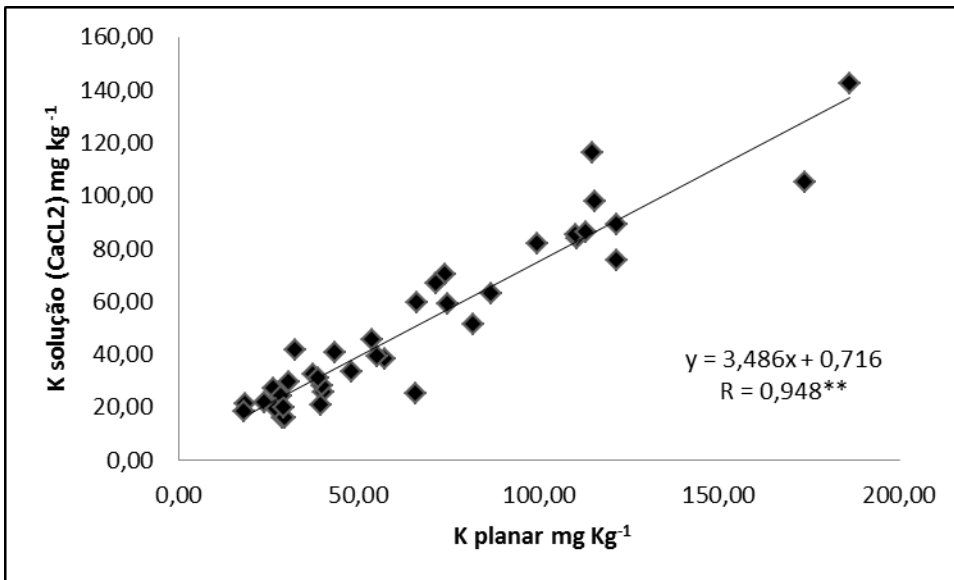
**Figura 7-** Relação entre o K Solução (CaCL<sub>2</sub>) com o K Trocável (NH<sub>4</sub>OAc) de amostras de solo da camada de 0 – 20 cm.



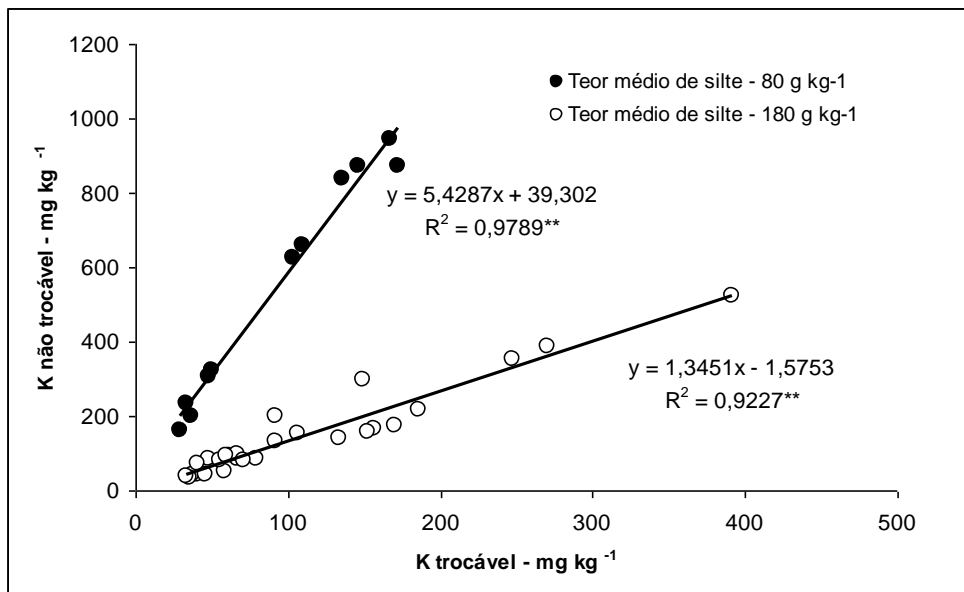
**Figura 8-** Relação entre o K Mehlich-1 com o K na posição planar de amostras de solo da camada de 0 – 20 cm.



**Figura 9-** Relação entre K Trocável (NH<sub>4</sub>OAc) com o K na posição planar de amostras de solo da camada de 0 – 20 cm.



**Figura 10-** Relação entre o K Solução (CaCl<sub>2</sub>) com o K na posição planar de amostras de solo da camada de 0 – 20 cm.



**Figura 11-** Relação entre o K trocável (extraído por acetato de amônio) e K não trocável (extraído por ácido nítrico) de amostras de solo da camada de 0 – 20 cm.

**Tabela 7-** Equações booleanas das curvas Q/I das amostras de solos da camada de 0 – 20 cm.

Solo	Equação	r
38	$Y=(-0,556+3,116x)(\leq 0,095)+(-0,284+0,257x)(x>0,095)$	0,995**
895	$Y=(-0,126+ 1,863X)(\leq 0,043) + (0,047 + 0,060X)(X>0,047)$	0,998**
3014	$Y=(-0,113 + 0,685X)(\leq 0,064) + (-0,074 + 0,070X)(X>0,064)$	0,953**
1049	$Y=(-0,189 + 0,553X)(\leq 0,080) + (-0,1687+ 0,30652X)(X>0,080)$	0,998**
3015	$Y=(-0,421 + 23,000X)(\leq 0,016) + (-0,061+ 0,063X)(X>0,016)$	0,997**
1054	$Y=(-0,173 + 1,681X)(\leq 0,057) + (-0,079 + 0,044X)(X>0,057)$	0,995**
3843	$Y=(-0,123 + 8,50X)(\leq 0,009) + (-0,047 + 0,205X)(X>0,009)$	0,985**
3846	$Y=(-0,240+13 X)(\leq 0,013) + (-0,070+ 0,178X)(X>0,013)$	0,999**
3949	$Y=(-0,511 + 14,8X)(\leq 0,026) + (-0,138 + 0,2X)(X>0,026)$	0,965**
3948	$Y=(-0,183 + 0,000X)(\leq 0,038) + (-0,192 + 0,230X)(X>0,038)$	0,993**
45	$Y=(-0,246 + 1,169X)(\leq 0,082) + (-0,170 + 0,241X)(X>0,082)$	0,992**
46	$Y=(-0,302 + 1,243X)(\leq 0,112) + (-0,19 + 0,233X)(X>0,112)$	0,985**
44	$Y=(-0,683 + 7,353X)(\leq 0,052) + (-0,312+ 0,20X)(X>0,052)$	0,945**
48	$Y=(-0,409 + 1,993X)(\leq 0,117) + (-0,223+ 0,397X)(X>0,117)$	0,998**
799	$Y=(-0,355 + 0,647X)(\leq 0,410) + (-0,184+ 0,228X)(X>0,410)$	0,976**
1096	$Y=(-0,180 + 3,105X)(\leq 0,036) + (-0,073+ 0,094X)(X>0,036)$	0,958**
3855	$Y=(-0,778 + 32,5X)(\leq 0,022) + (-0,070+ 0,332X)(X>0,022)$	0,989**
3898	$Y=(-0,183 + 1,030X)(\leq 0,086) + (-0,096 + 0,025X)(X>0,086)$	0,925**
73433	$Y=(-0,804 + 24,750X)(\leq 0,029) + (-0,103 + 0,189X)(X>0,029)$	0,999**
822	$Y=(-0,743+ 6,211X)(\leq 0,074) + (-0,295+ 0,159X)(X>0,074)$	0,987**
50	$Y=(-0,436 + 2,609X)(\leq 0,070) + (-0,282+ 0,42X)(X>0,070)$	0,893**
60	$Y=(-0,1805+1,4287x)(\leq 0,072)+(-0,09976+0,3113x)(x>0,072)$	0,987**
686	$Y=(0,183+1,667x)(\leq 0,045)+(-0,137+0,644x)(x>0,045)$	0,995



---

<b>1131</b>	$Y=(-0,519 + 0,950X)(\leq 0,320) + (-0,312 + 0,304X)(X > 0,320)$	0,997**
<b>1133</b>	$Y=(-0,793 + 4,214X)(\leq 0,091) + (-0,446 + 0,391X)(X > 0,091)$	0,999**
<b>1684</b>	$Y=(-1,523 + 35,499X)(\leq 0,040) + (-0,124 + 0,165X)(X > 0,040)$	0,986**
<b>3619</b>	$Y=(-1,122 + 45,5X)(\leq 0,023) + (-0,076 + 0,123X)(X > 0,023)$	0,978**
<b>1139</b>	$Y=(-0,231 + 2,808X)(\leq 0,050) + (-0,102 + 0,209X)(X > 0,050)$	0,999**
<b>2720</b>	$Y=(-0,33 + 10,143X)(\leq 0,271) + (-0,075 + 0,271X)(X > 0,271)$	0,987**
<b>3799</b>	$Y=(-0,802 + 21,2X)(\leq 0,031) + (-0,147 + 0,253X)(X > 0,031)$	0,979**
<b>823</b>	$Y=(-0,662 + 5,737X)(\leq 0,066) + (-0,296 + 0,233X)(X > 0,066)$	0,998**
<b>838</b>	$Y=(-0,362 + 6,369X)(\leq 0,044) + (-0,101 + 0,449X)(X > 0,044)$	0,985**
<b>1141</b>	$Y=(-0,197 + 0,702X)(\leq 0,173) + (-0,112 + 0,206X)(X > 0,173)$	0,995**
<b>2162</b>	$Y=(-0,653 + 5,300X)(\leq 0,072) + (-0,29 + 0,230X)(X > 0,072)$	0,979**
<b>2165</b>	$Y=(-0,204 + 0,478X)(\leq 0,306) + (-0,083 + 0,085X)(X > 0,306)$	0,984**
<b>2439</b>	$Y=(-0,346 + 1,217X)(\leq 0,147) + (-0,210 + 0,297X)(X > 0,147)$	0,999**
<b>2440</b>	$Y=(-0,342 + 0,693X)(\leq 0,209) + (-0,255 + 0,279X)(X > 0,209)$	0,999**
<b>2020</b>	$Y=(-1,16 + 3,195X)(\leq 0,249) + (-0,456 + 0,477X)(X > 0,249)$	0,997**

---

#### 4. CONCLUSÕES

- 1- Os teores de argila por si só não foi capaz de explicar a diferença das formas de potássio nos solos.
- 2- As variações nos valores de PTK ocorreu principalmente, em função das diferenças nos atributos químicos como a CTC e físicos dos solos como a argila.
- 3- O PTK baixo indica que maiores cuidados com adubação potássica das culturas, mais comum em solos arenosos.
- 4- O K extraído com mehlich-1 obteve boa correlação os com atributos de solo analisados que indicam disponibilidade desse nutriente para as plantas.

## 5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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.

BECKETT, P.H.T.; NAFADY, M.H.M. Studies on soil potassium. VI. The effect of K fixation and release on the form of the K: (Ca + Mg) exchange isotherm. **Journal of Soil Science**, v.18, p.244-262, 1967.

BRAGA, J.M. **Formas de potássio e estabelecimento de nível crítico para alguns solos do Estado de Minas Gerais**. Piracicaba, 1972. 143p. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz.

CASTILHOS, R.M.V.; MEURER, E.J. Cinética de liberação de potássio em Planossolo do Estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v.31, p.979-983, 2001.

CHAVES, L.H.G.; DIAS, M.M. Formas de potássio em Regossolos do Estado da Paraíba. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.31, n.7, p.523-528, 1996.

CRISOSTOMO, L.A.; CASTRO, A.F. Poder de suprimento de potássio de solos da zona fisiografica de Baturite, Ceara, Brasil. **Turrialba**, v.20, p.425-433, 1970.

DEFELIPO, E.V. **Teores de potássio em solos de Piracicaba e estabelecimento de seu nível crítico**. Piracicaba, 1974, 124p. Tese

(Doutorado) – Universidade de São Paulo, Escola Superior Agrícola Luiz de Queiroz.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA.  
**Manual de métodos de análise de solo.** 2.ed. Rio de Janeiro, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA.  
**Manual de métodos de análise de solo.** Rio de Janeiro, Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, 1979. 247p.

ERNANI, P.R.; ALMEIDA, J.A.; SANTOS, F.C. Potássio. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Eds.) **Fertilidade do solo.** Viçosa: SBCS. p.551-594, 2007.

GIANELO, 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**, v.5, p.109-114, 1981.

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

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

HELMEKE, P.A.; SPARKS, D.L. lítio, sódio , potássio , rubídio e cézio .  
In:SPARKS, D.L.; PAGE, A.L.; HELMKE, P.A.; LOEPPERT, R.H.;  
SOLTANPOUR, P.N.; TABATABAI, M.A.; JOHNSTON, C.T. & SUMNER,  
M.E.eds. Methods of soil analysis chemical methods. Madison, SSSA/ASA,  
1996. Part 3. P. 551-574.

MELLO, V.F.; COSTA, L.M.; BARROS, N.F.; FONTES, M.P.F.; NOVAIS, R.F.  
Reserva mineral e caracterização mineralógica de alguns solos do Rio Grande  
do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.19, p.159-164, 1995.

MELO, V.F.; CORREA, G.F.; MASCHIO, P.A.; RIBEIRO, A.N.; LIMA, V.C.  
Importância das espécies minerais no potássio total da fração argila de solo do  
Triângulo Mineiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.807-819,  
2003.

MEURER, E. J.; ANGHINONI, I. Disponibilidade de potássio e sua relação com  
parâmetros de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 17, n. 2, p. 375-  
382, 1993.

MIELNICZUK, J. **O potássio no solo**. Piracicaba, Instituto de Potassa e do  
Fosfato, 1984. 80p. (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.; SPINOLA, A. G.; MENDOZA, T. M. H.; PAREDES, D. G. Capacidad amortiguadora y cinética de liberación de potasio em suelos. **Agricultura Técnica en México**, v.33, nº1, p.73-81, 2007.

MORAIS, E.R.C.; ALVAREZ V., V.H.; NEVES, J.C.L.; MAIA, C.E. Formas de potássio em solos do Estado de Minas Gerais, e sua contribuição para o potássio não trocável. In: XXXI CONGRESSO BRASILEIRO DE CIENCIA DO SOLO. Gramado, 2007. **Anais...** Gramado: SBCS/UFRS, 2007. 5p. (CD ROM).

NACHTIGALL, G.R.; VAHL, L.C. Formas de potássio em solos da região sul do Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.13, p.7-12, 1989.

PREZOTTI, L.C.; DEFELIPO, B.V. Formas de potássio em solos do Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.11, p.109-114, 1987.

SILVA, I.R.; FURTINI NETO, A.E.; FERNANDEZ, L.A.; CURI, N.; VALE, F.R. Formas, relação quantidade/intensidade e biodisponibilidade de potássio em diferentes Latossolos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, p.2065-2073, 2000.

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.

SPARKS, D. L. Chemistry of soil potassium in atlantic coastal plain soils. **Communication in soil science and Plant Analysis**, v. 11 n. 5, p. 435-449, 1980.

SPARKS, D.L. Bioavailability of soil potassium. In: SUMNER, M.E. (Ed.). **Handbok of soil science**. Boca Raton: CRC Press, 2000. p.38-52.

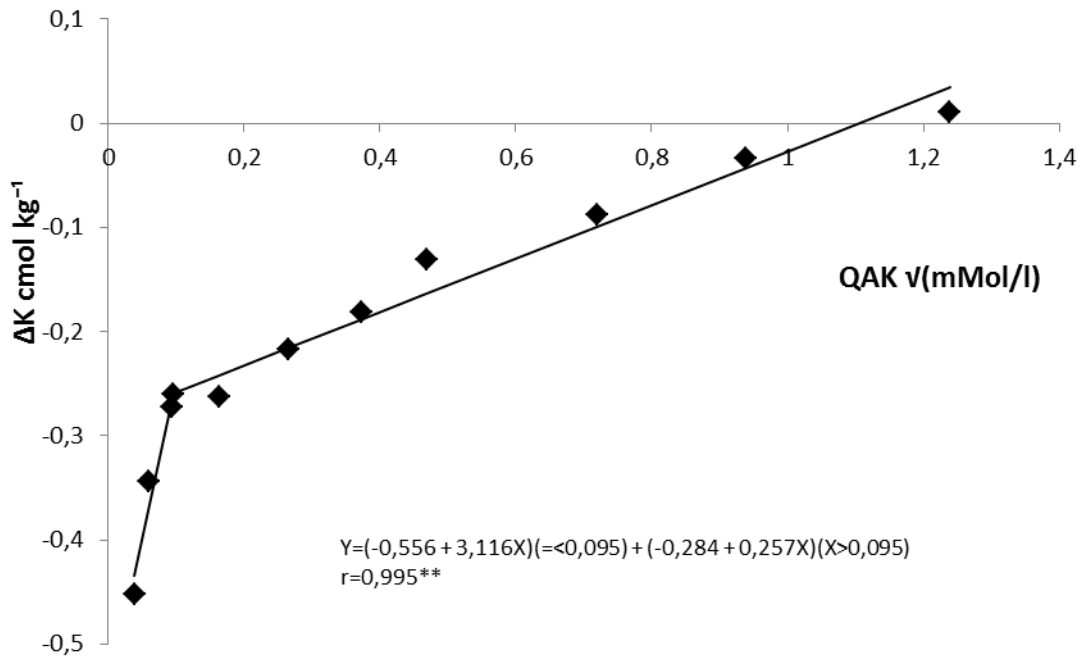
STEINER, F. **formas de potássio em solos do estado do Paraná e sua disponibilidade para as plantas em cultivos sucessivos**. Marechal Cândido Rondon, 2010. 87p. Tese (mestrado) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

TISDALE, S.L.; NELSON, W.L.; BEATON, J.D. & HAVLIN, J.L. **Soil fertility and fertilizers**. New York : Macmillan, 1993. 634p.

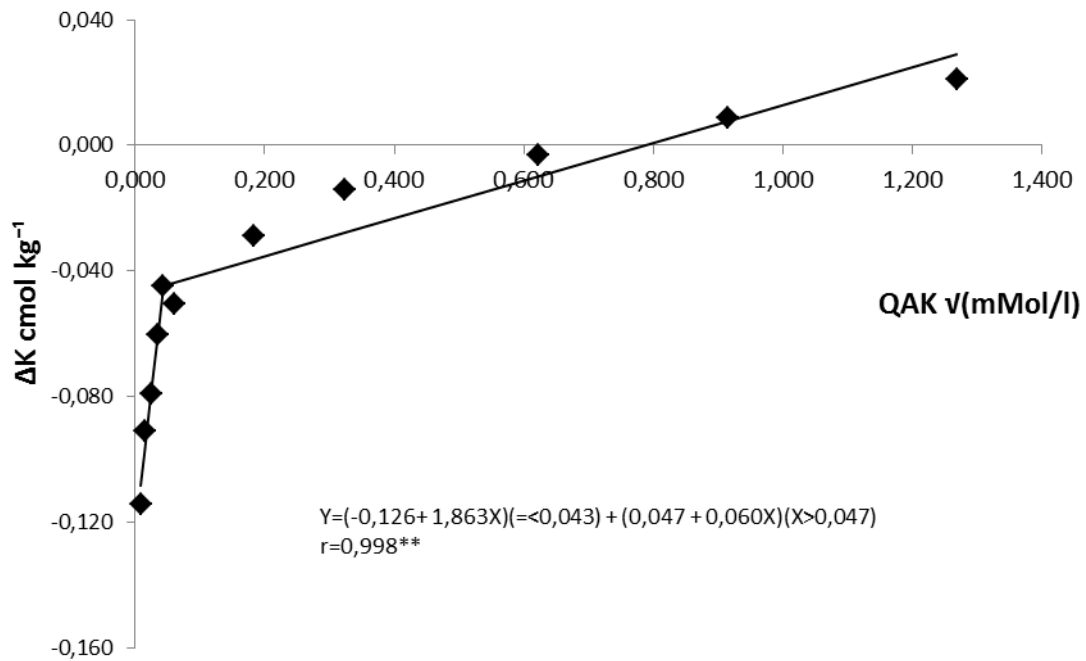
VILLA, M.R.; FERNANDES, L.A.; FAQUIN, V. Formas de potássio em solos de várzea e sua disponibilidade para o feijoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.649-658, 2004.

## **Apêndices**

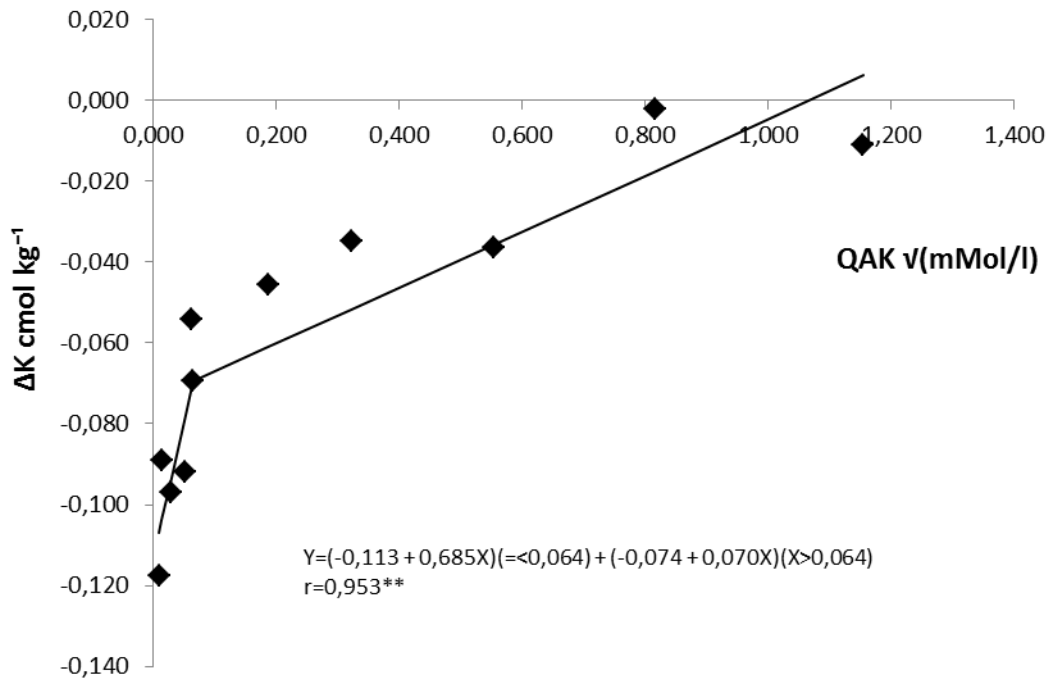




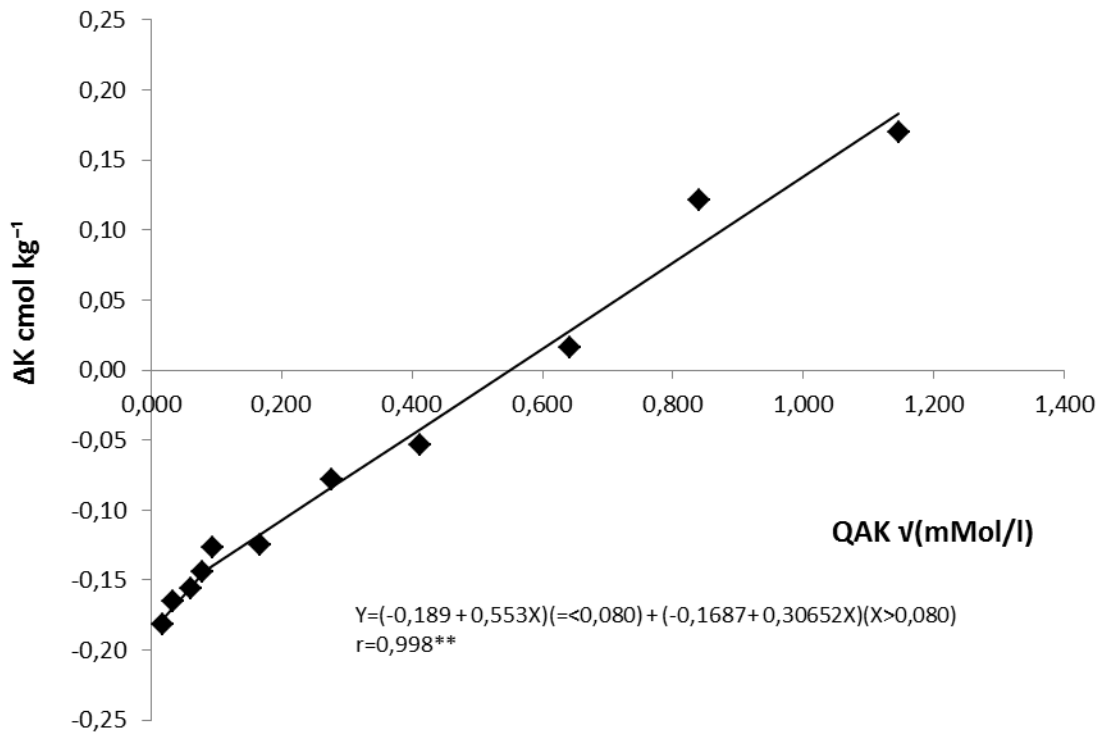
Curva Q/I do solo 38 no intervalo de argila de 0 a 15.



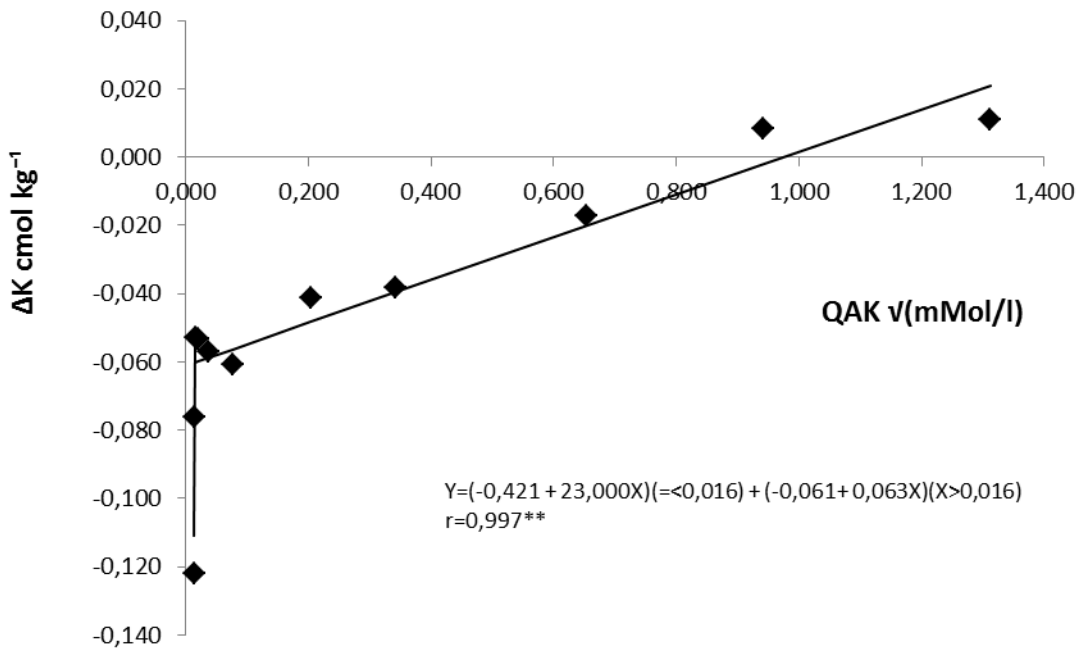
Curva Q/I do solo 895 no intervalo de argila de 0 a 15.



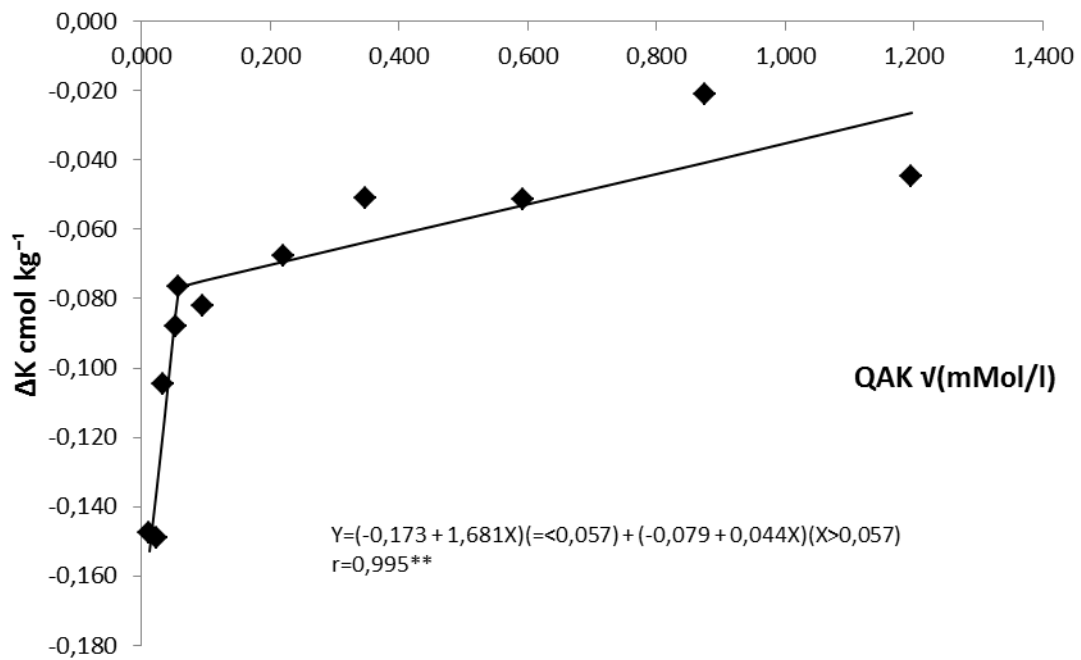
Curva Q/I do solo 3014 no intervalo de argila de 0 a 15.



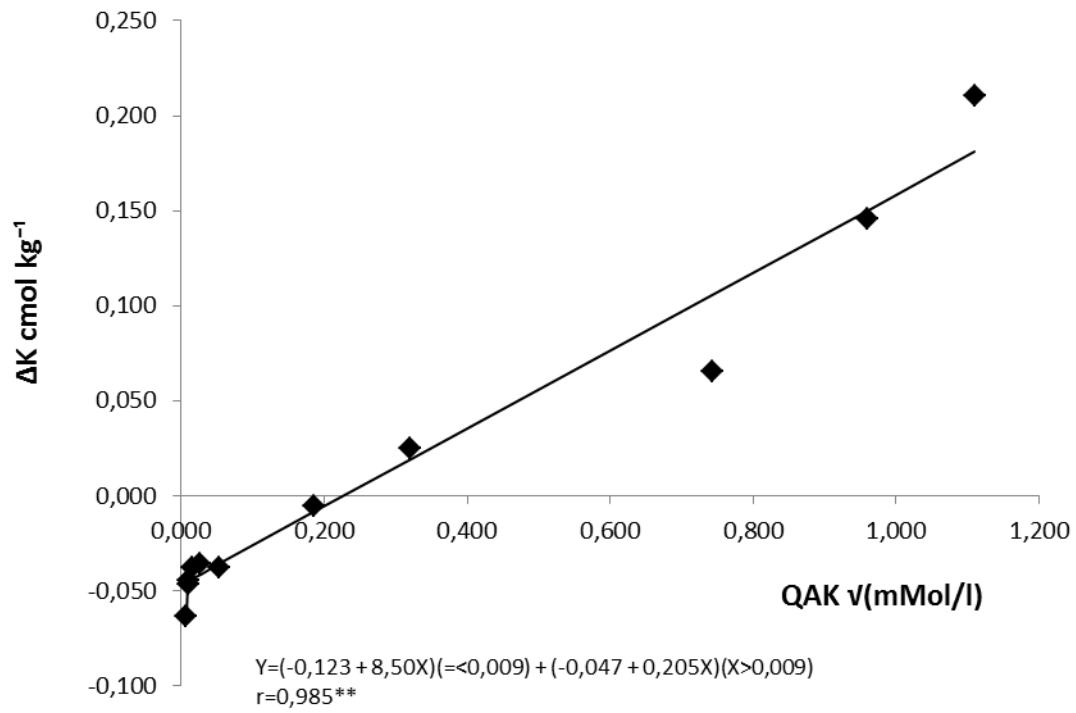
Curva Q/I do solo 1049 no intervalo de argila de 0 a 15.



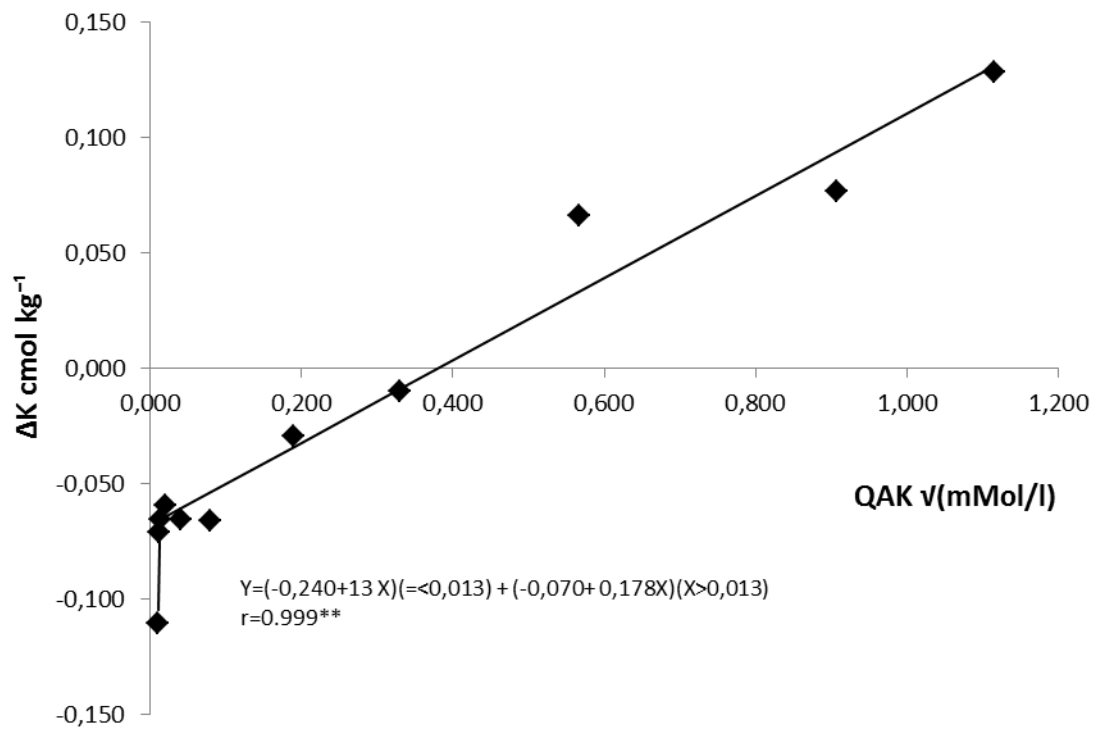
Curva Q/I do solo 3015 no intervalo de argila de 0 a 15.



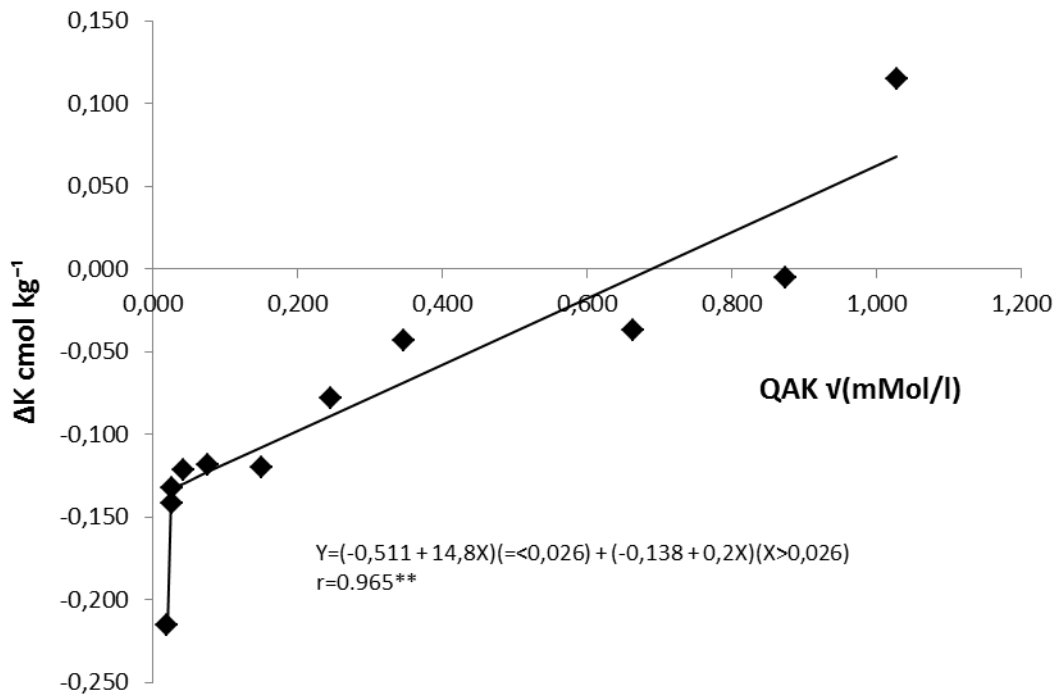
Curva Q/I do solo 1054 no intervalo de argila de 0 a 15.



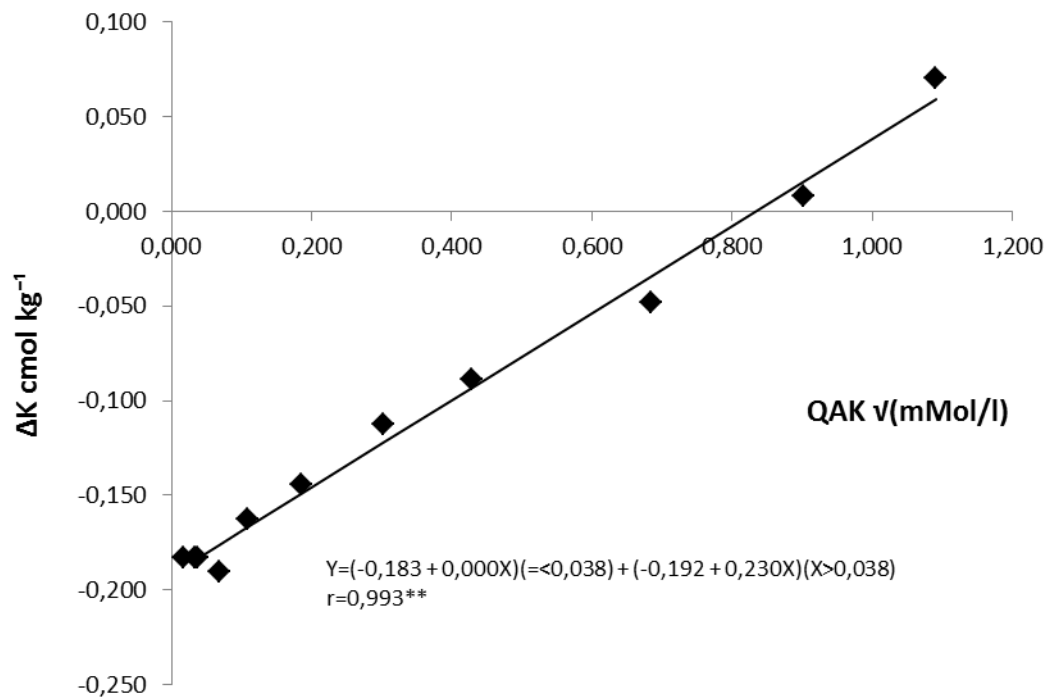
Curva Q/I do solo 3843 no intervalo de argila de 0 a 15.



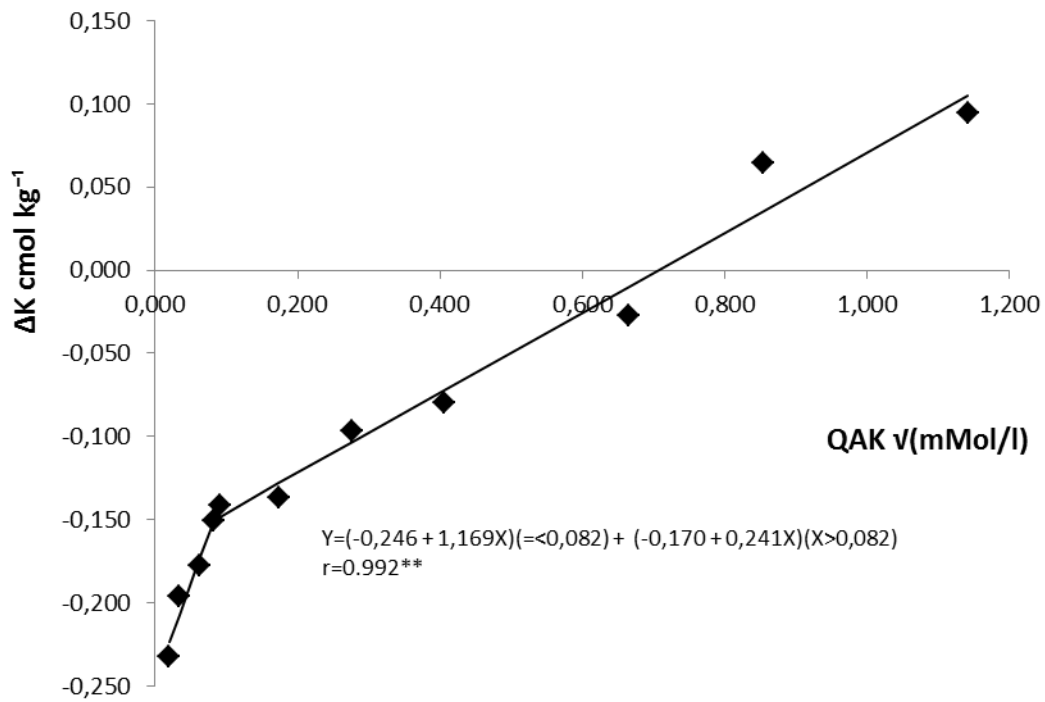
Curva Q/I do solo 3846 no intervalo de argila de 0 a 15.



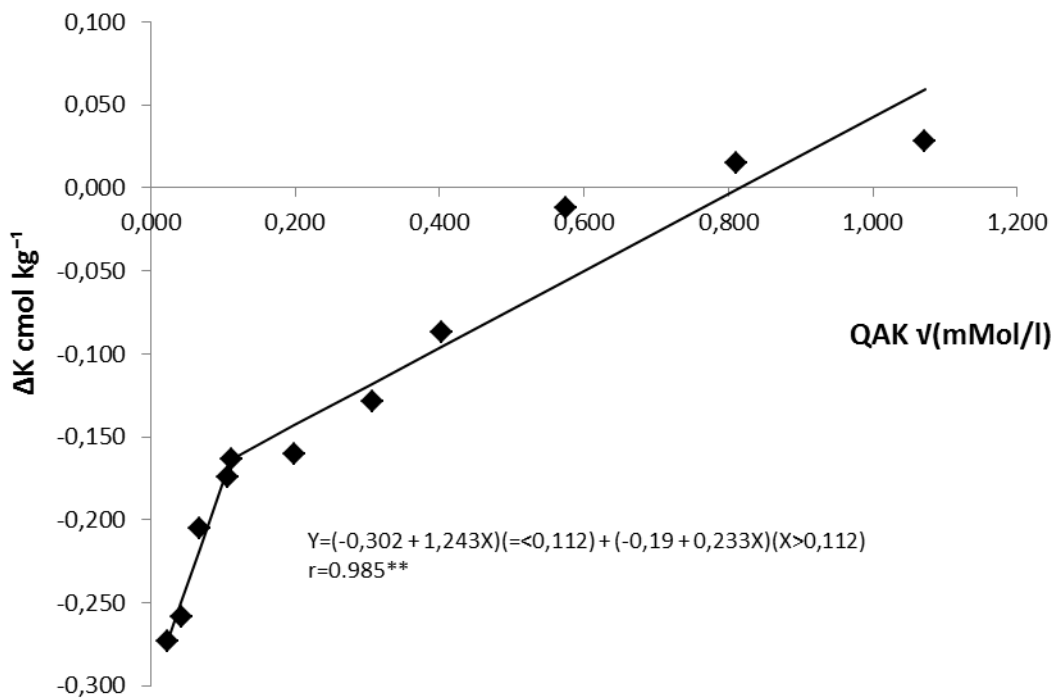
Curva Q/I do solo 3949 no intervalo de argila de 0 a 15.



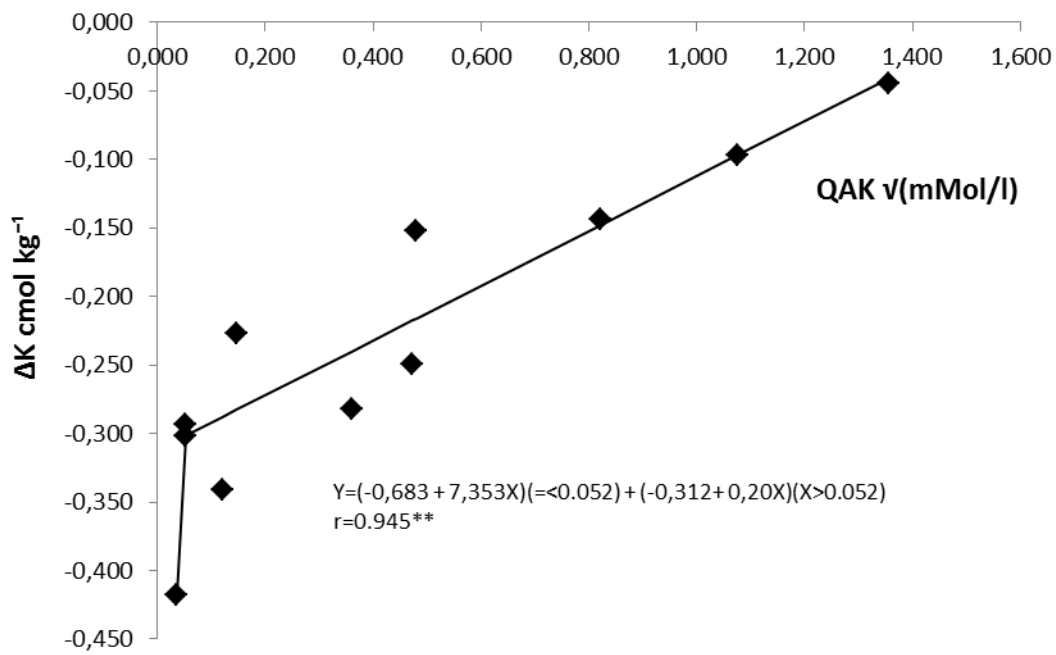
Curva Q/I do solo 3948 no intervalo de argila de 16 a 35.



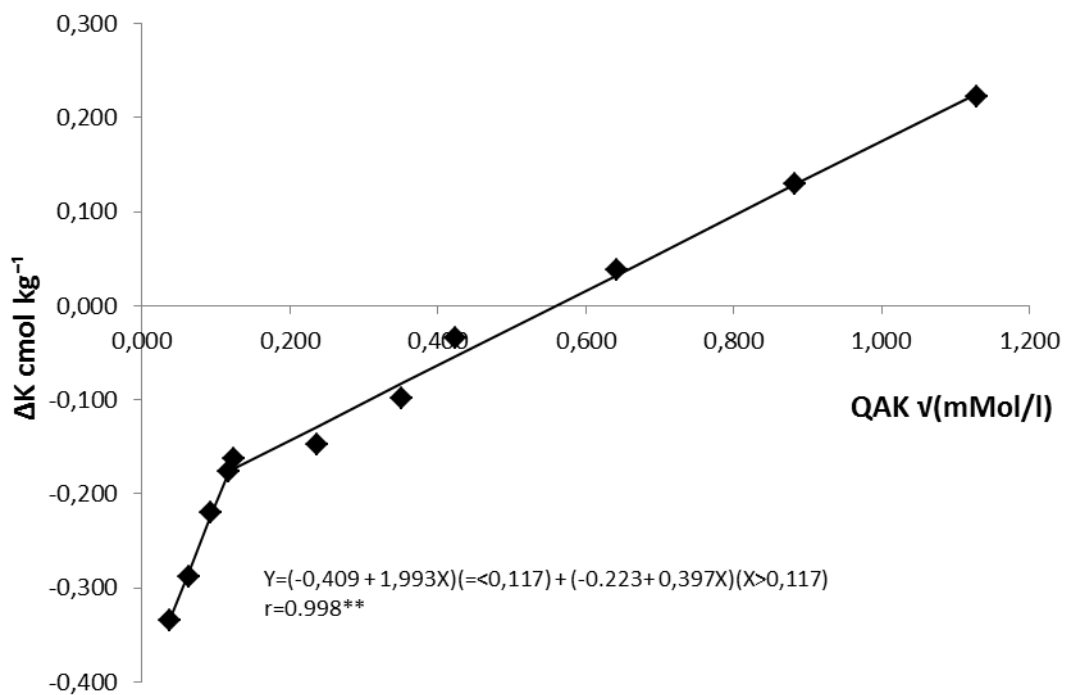
Curva Q/I do solo 45 no intervalo de argila de 16 a 35.



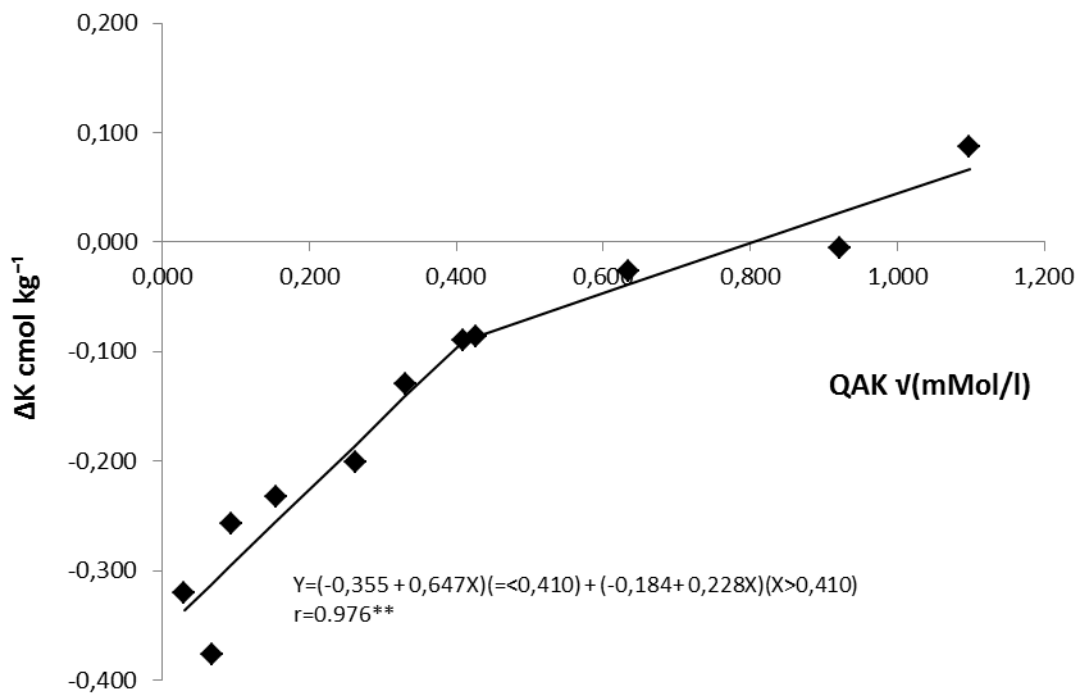
Curva Q/I do solo 46 no intervalo de argila de 16 a 35.



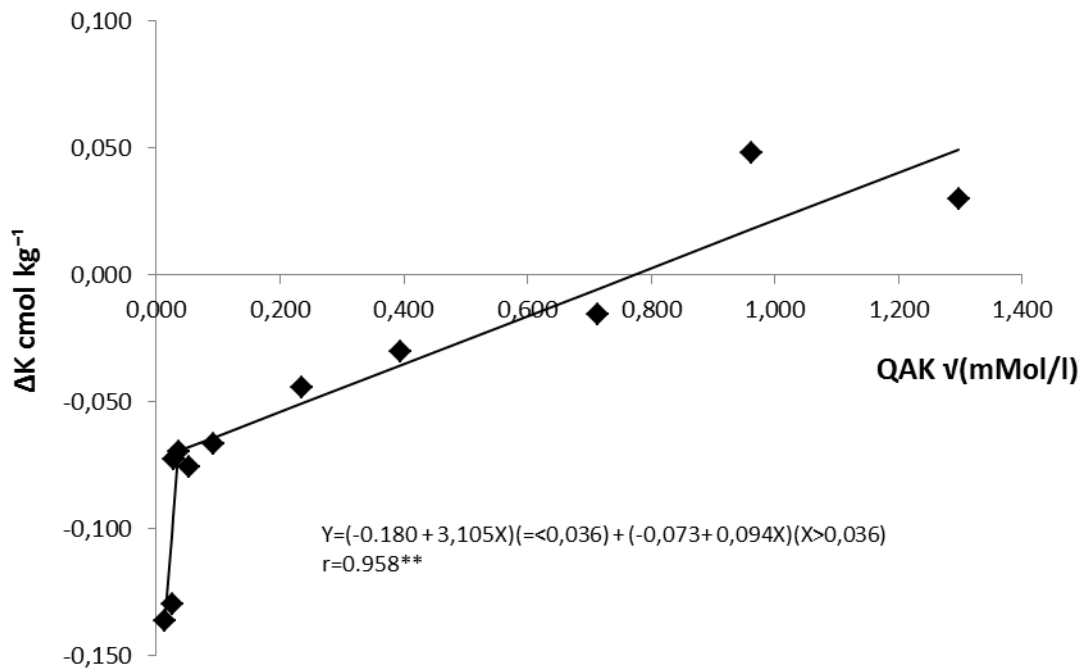
Curva Q/I do solo 44 no intervalo de argila de 16 a 35



Curva Q/I do solo 48 no intervalo de argila de 16 a 35

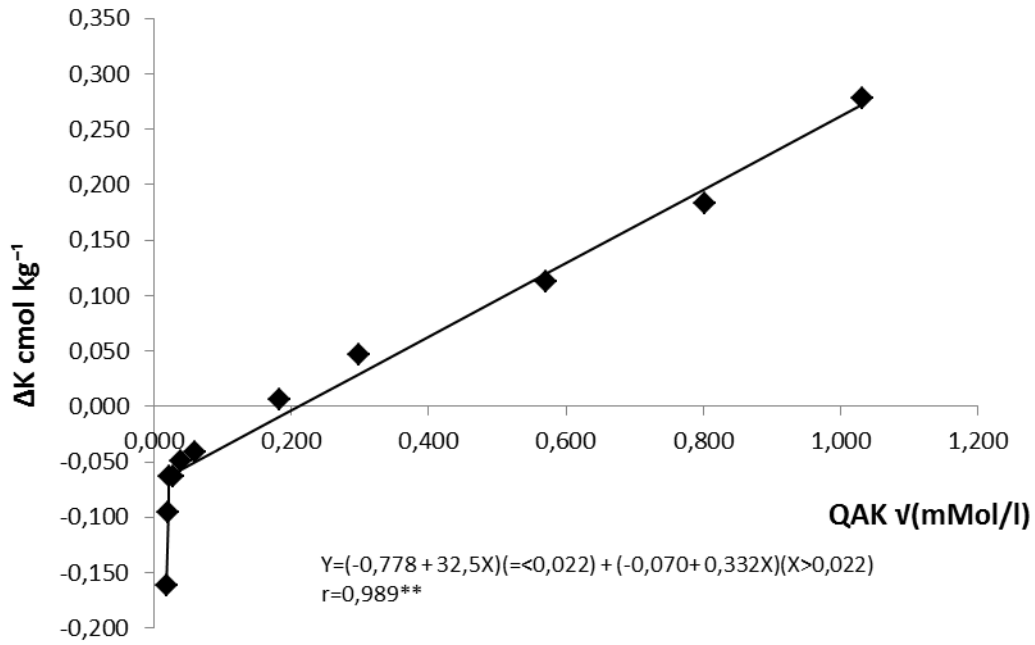


Curva Q/I do solo 799 no intervalo de argila de 16 a 35.

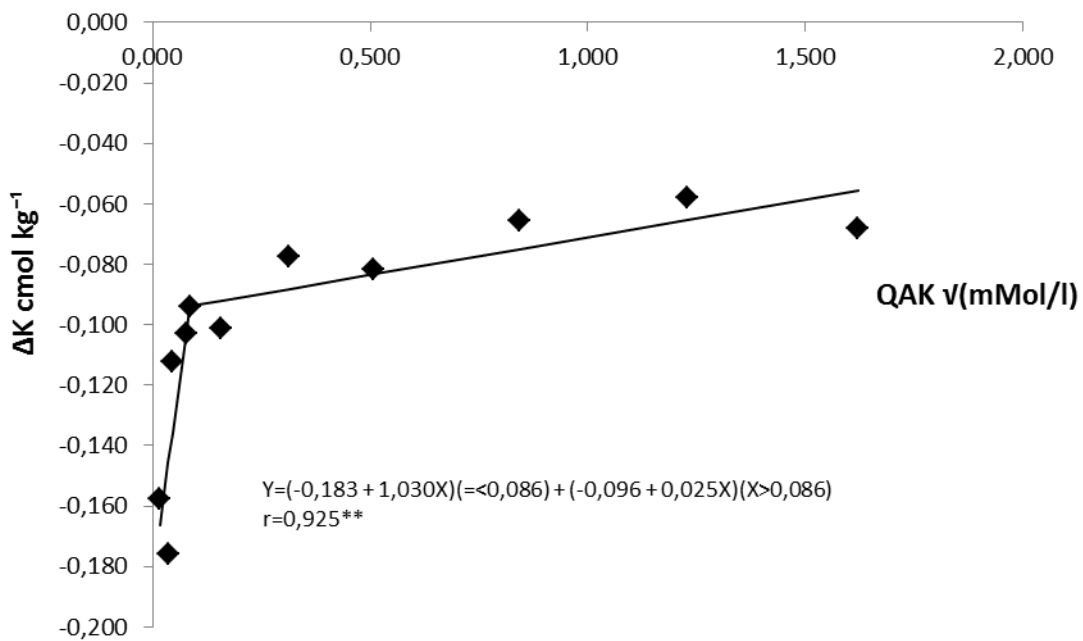


Curva Q/I do solo 1096 no intervalo de argila de 16 a 35.

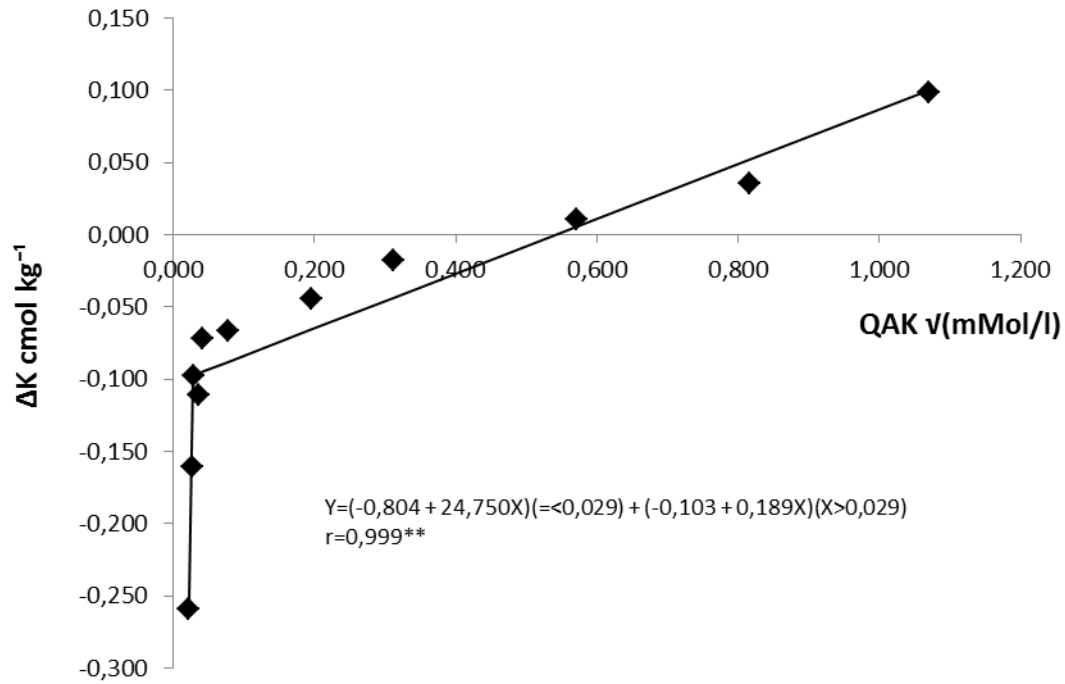




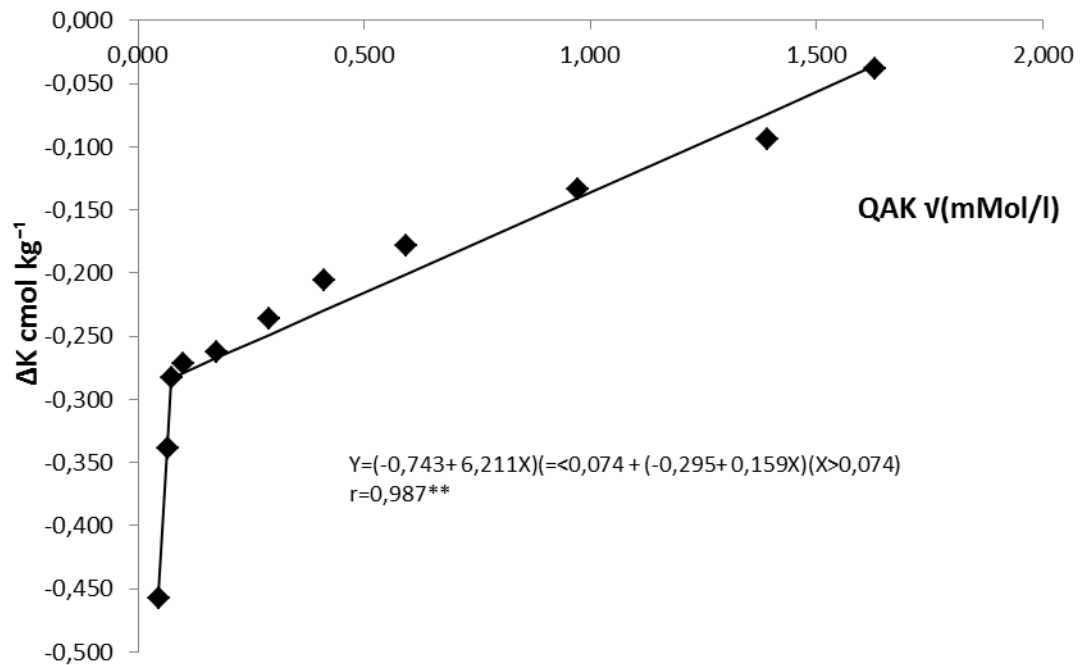
Curva Q/I do solo 3855 no intervalo de argila de 16 a 35.



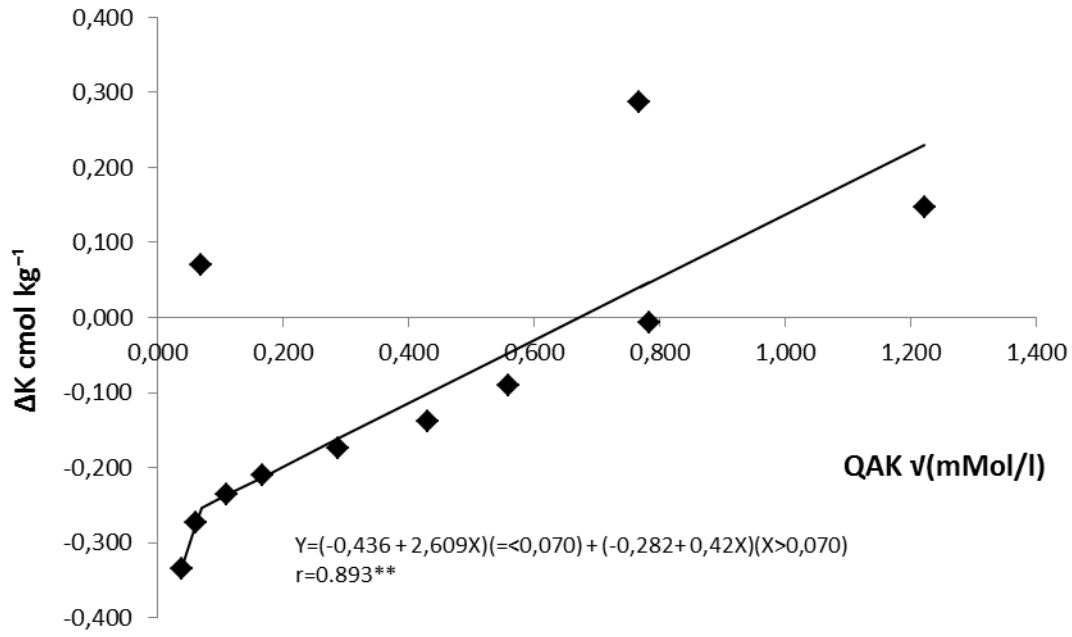
Curva Q/I do solo 3898 no intervalo de argila de 16 a 35.



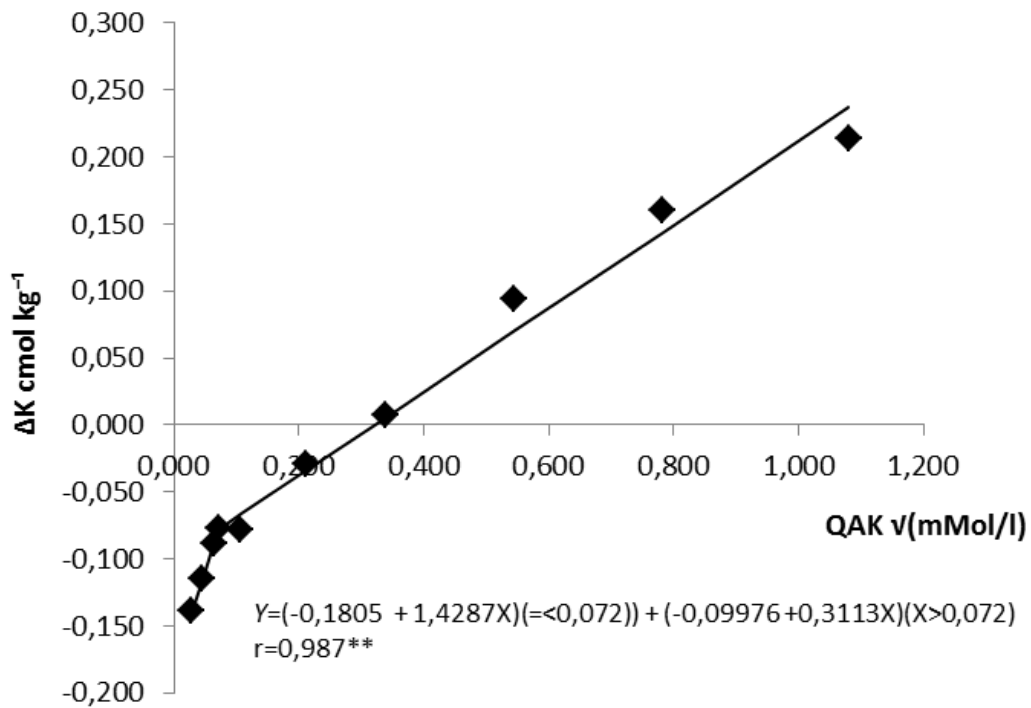
Curva Q/I do solo 73433 no intervalo de argila de 16 a 35.



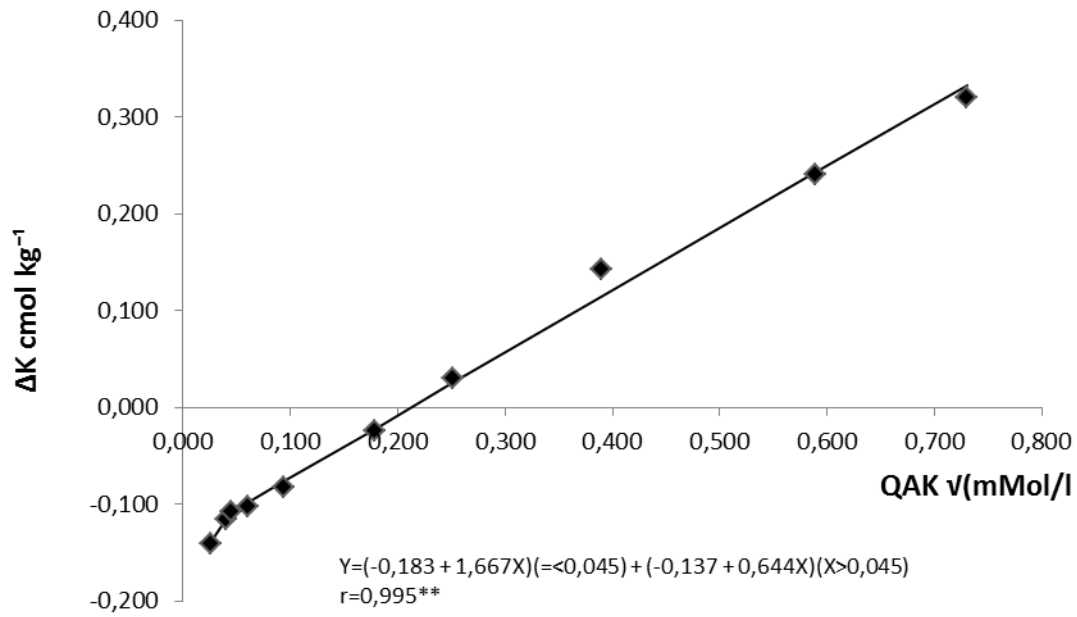
Curva Q/I do solo 822 no intervalo de argila de 16 a 35.



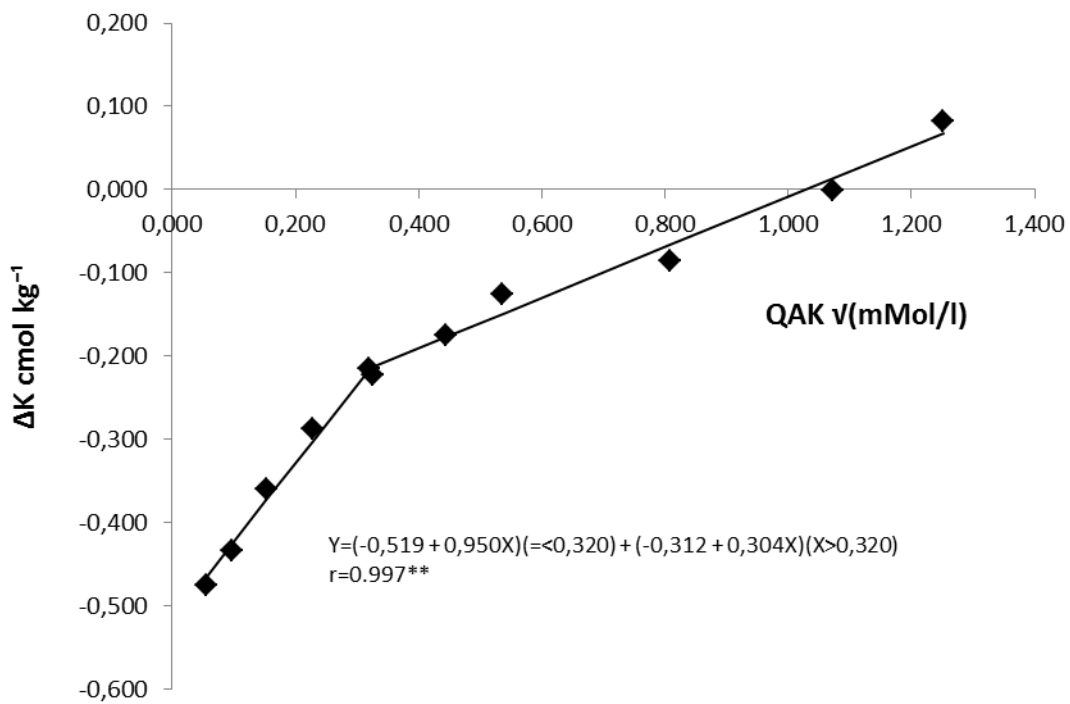
Curva Q/I do solo 50 no intervalo de argila de 36 a 60.



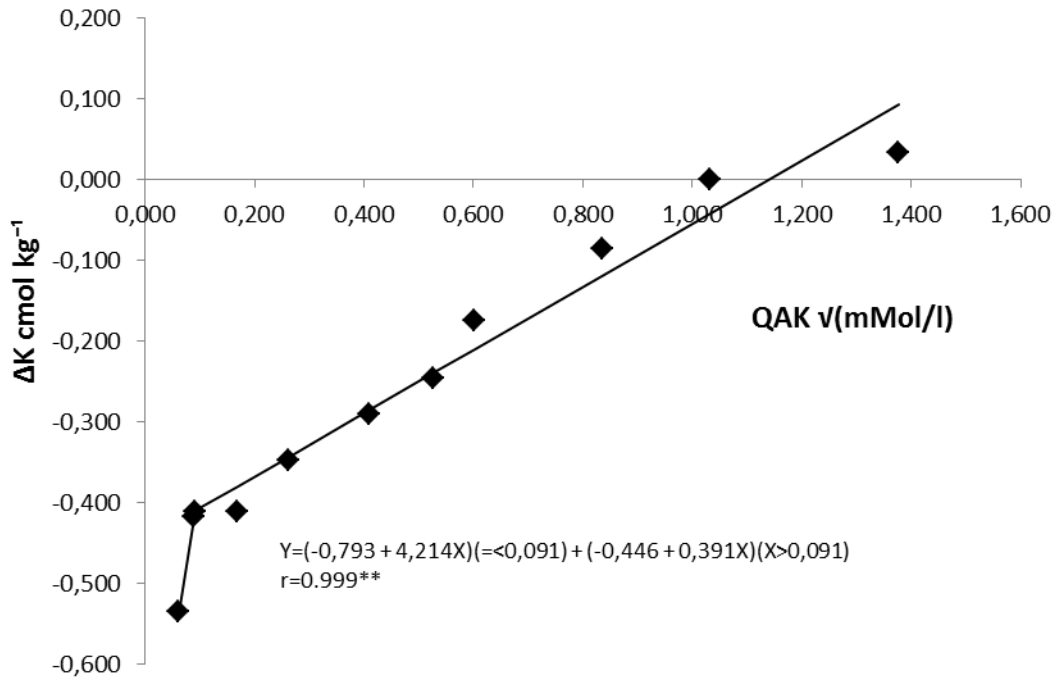
Curva Q/I do solo 60 no intervalo de argila de 36 a 60.



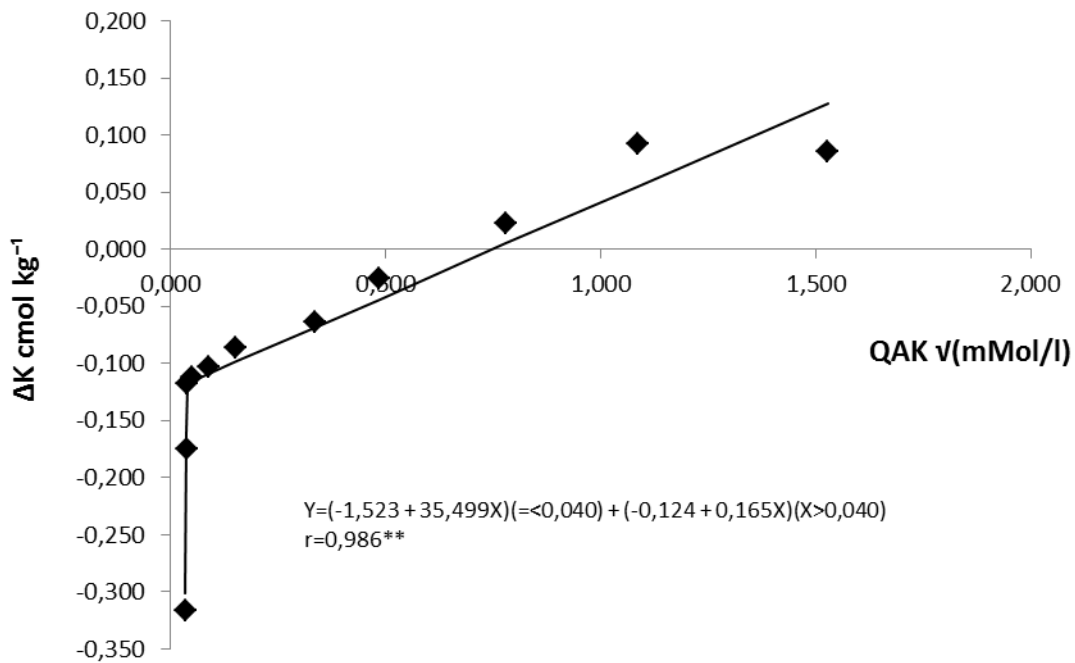
Curva Q/I do solo 686 no intervalo de argila de 36 a 60.



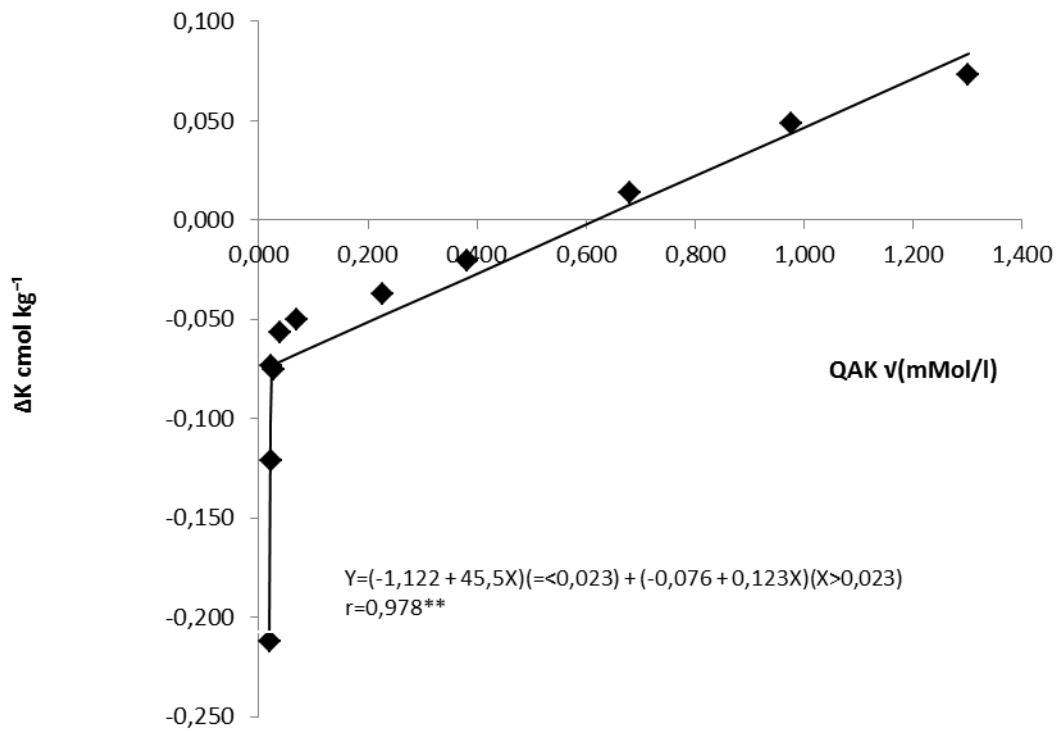
Curva Q/I do solo 1131 no intervalo de argila de 36 a 60.



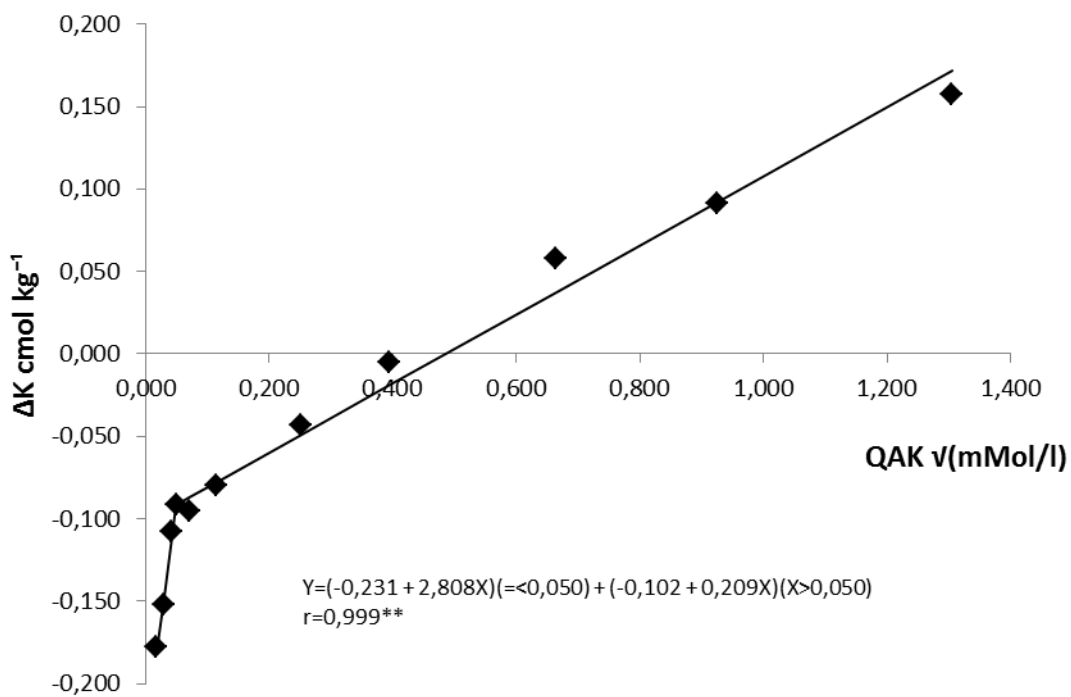
Curva Q/I do solo 1133 no intervalo de argila de 36 a 60.



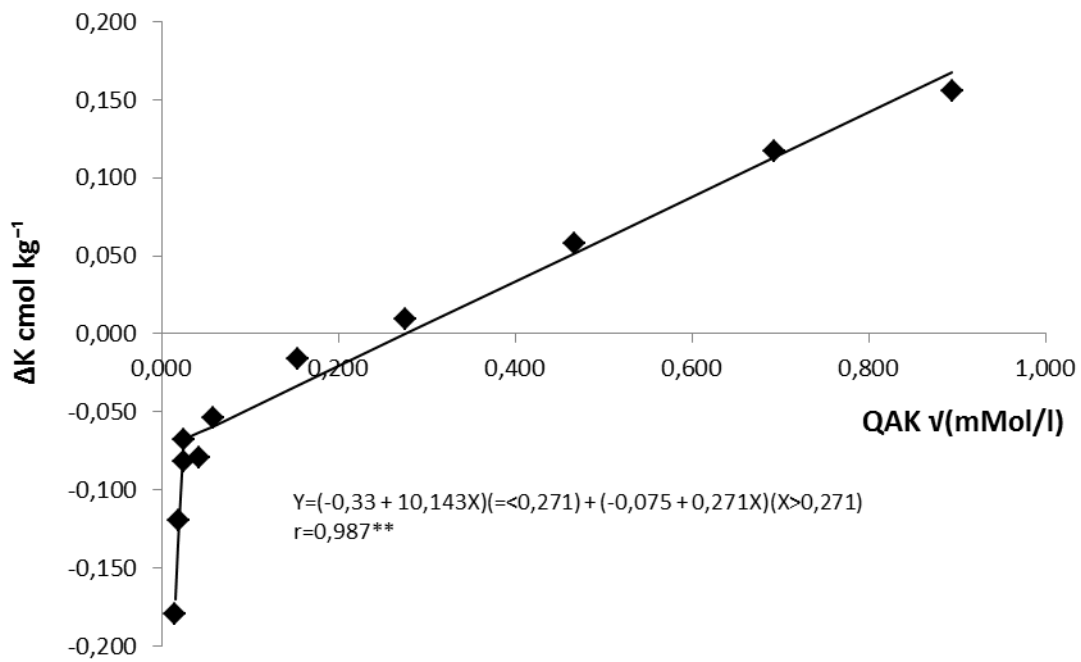
Curva Q/I do solo 1684 no intervalo de argila de 36 a 60.



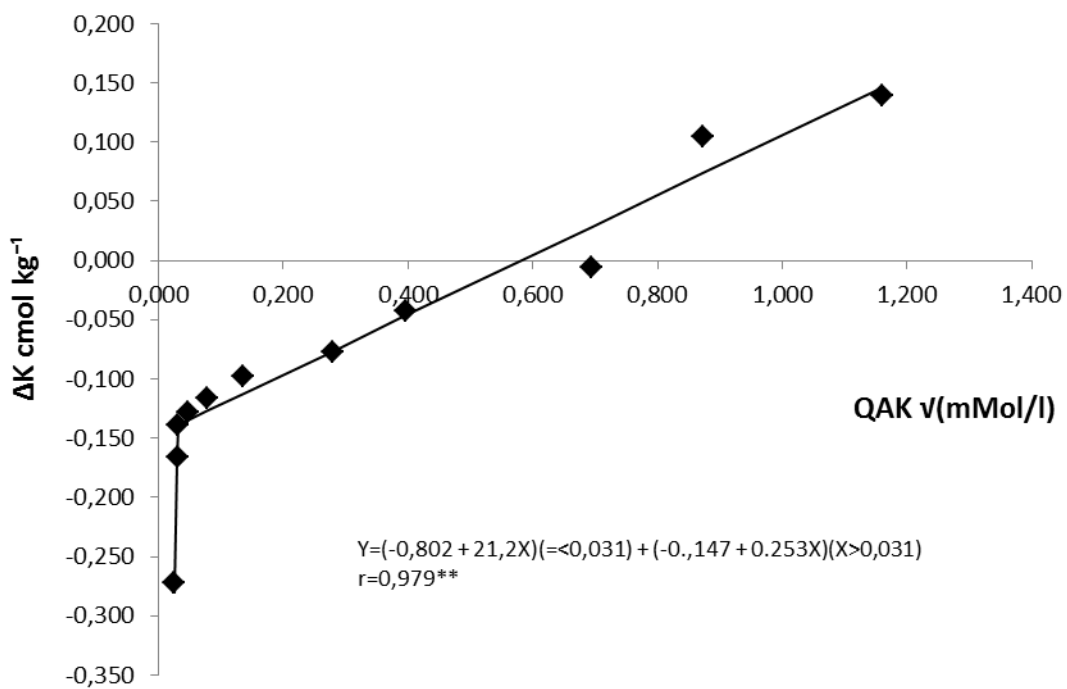
Curva Q/I do solo 3619 no intervalo de argila de 36 a 60.



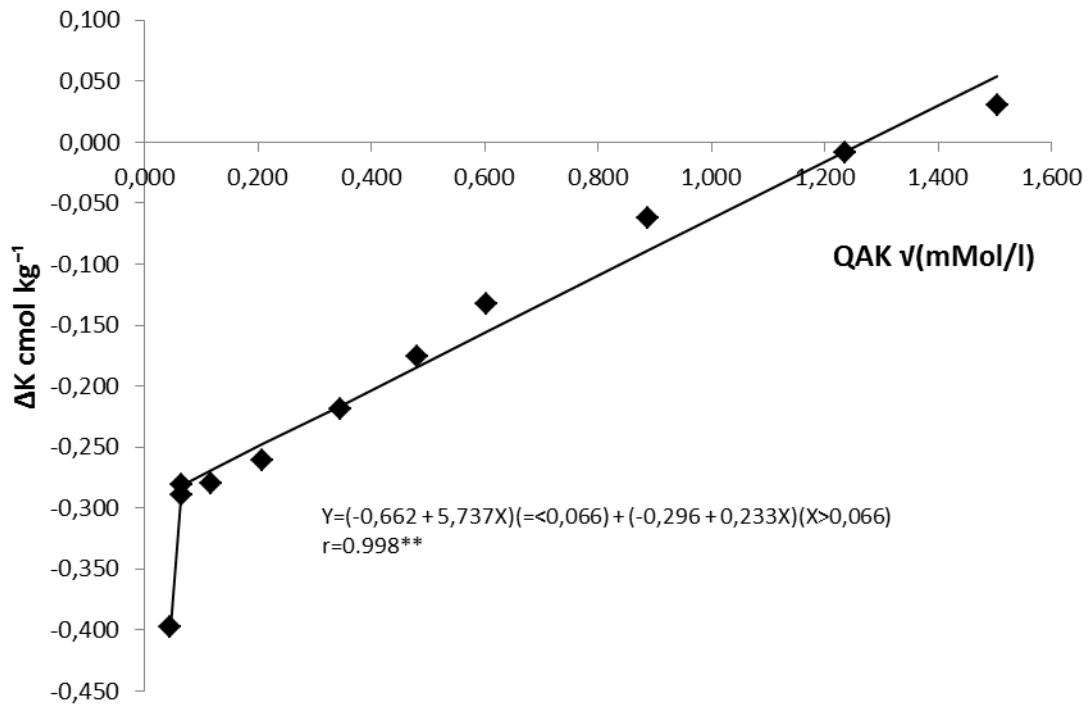
Curva Q/I do solo 1139 no intervalo de argila de 36 a 60.



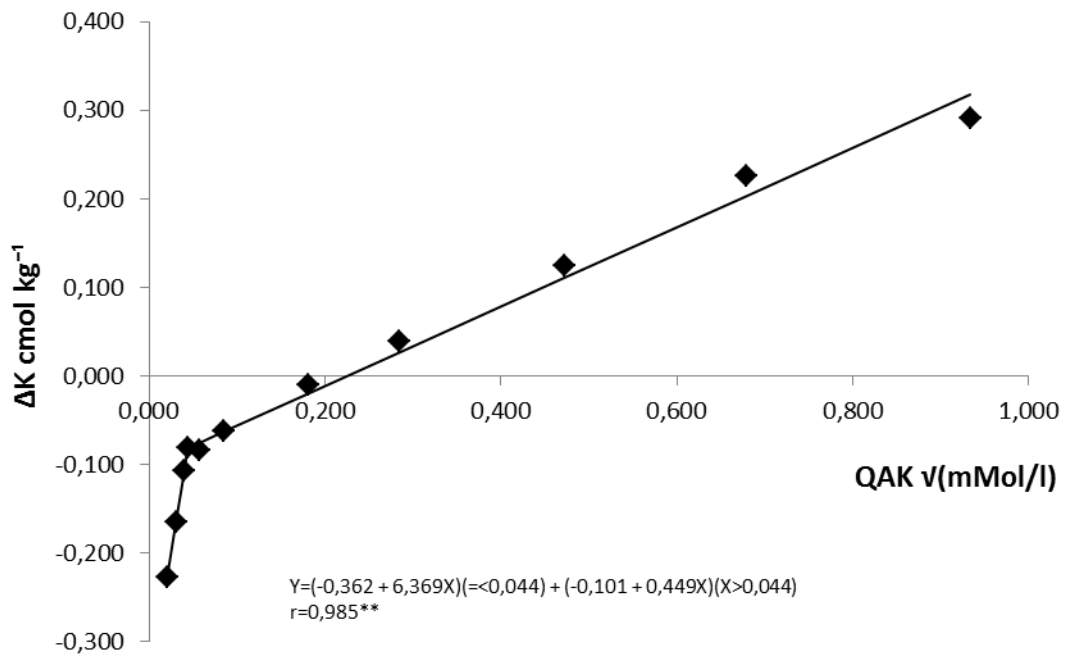
Curva Q/I do solo 2720 no intervalo de argila de 36 a 60.



Curva Q/I do solo 3799 no intervalo de argila de 36 a 60.

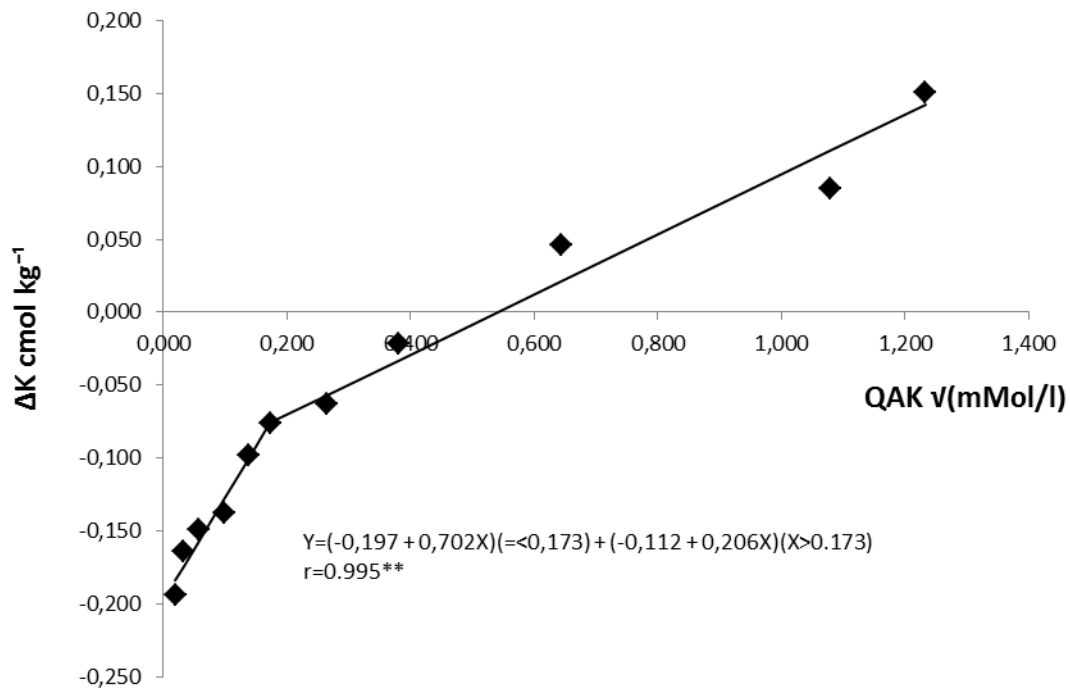


Curva Q/I do solo 823 no intervalo de argila de 36 a 60.

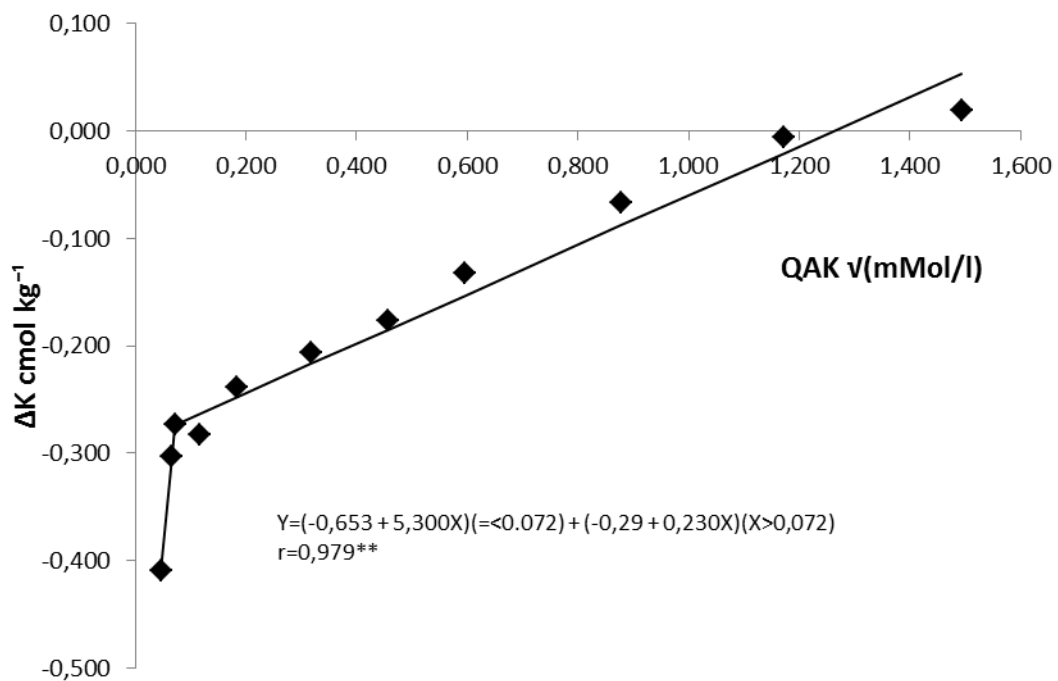


Curva Q/I do solo 838 no intervalo de argila acima de 60.

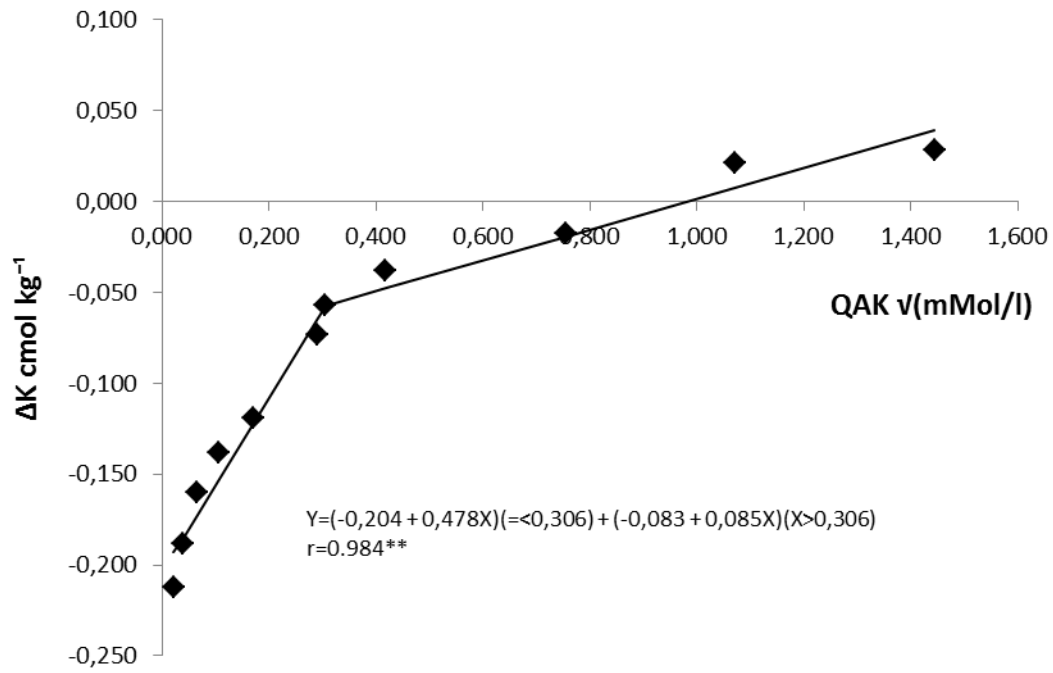




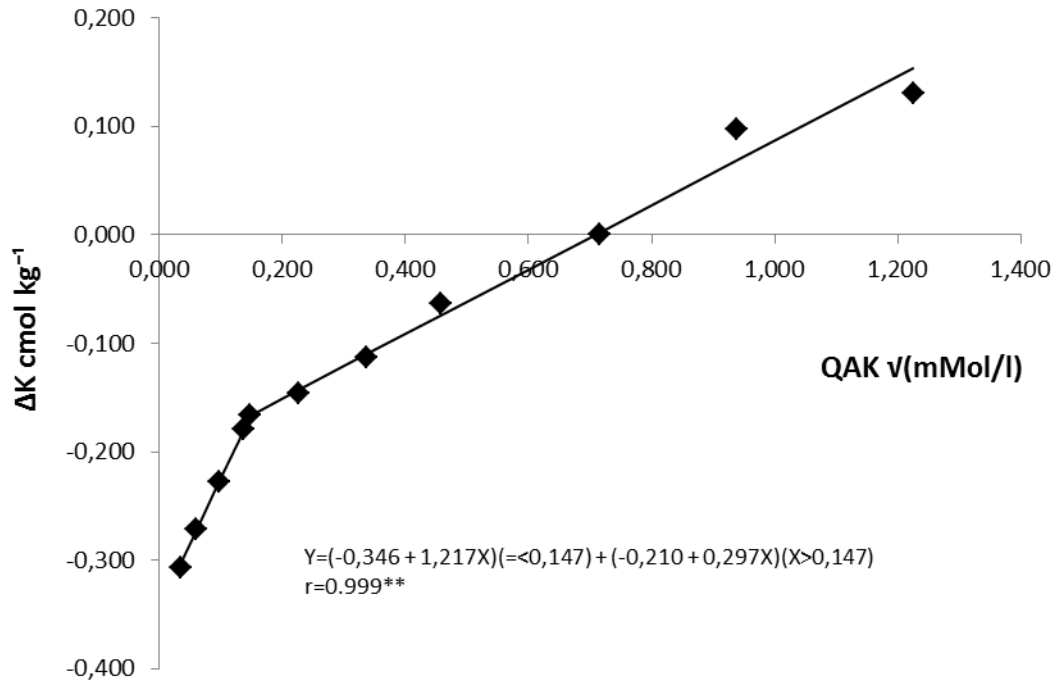
Curva Q/I do solo 1141 no intervalo de argila acima de 60.



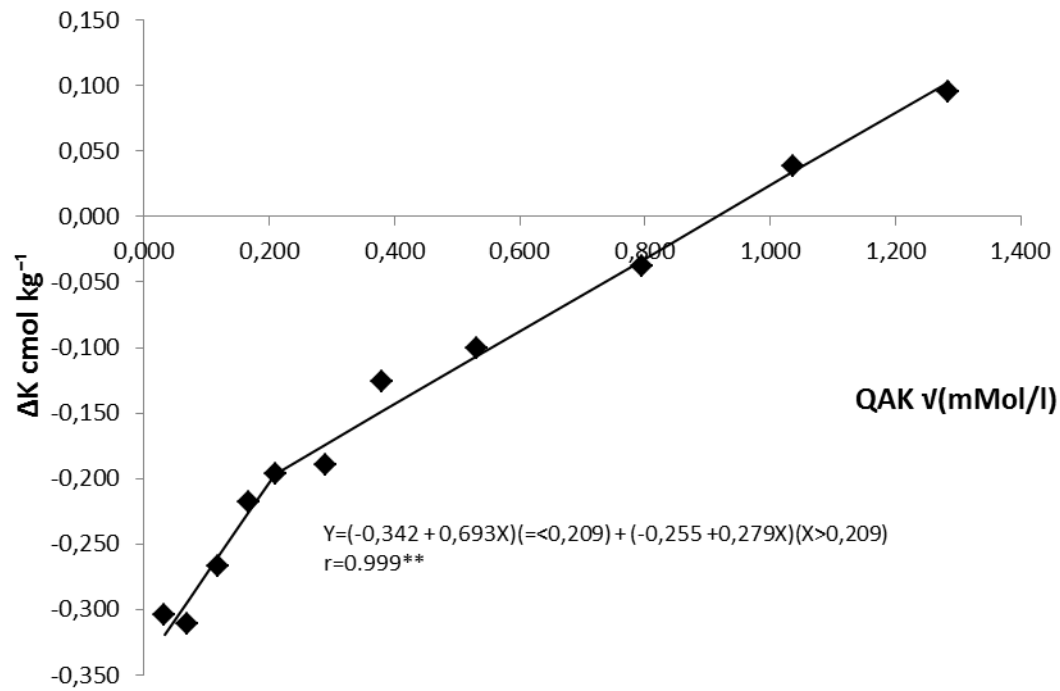
Curva Q/I do solo 2162 no intervalo de argila acima de 60.



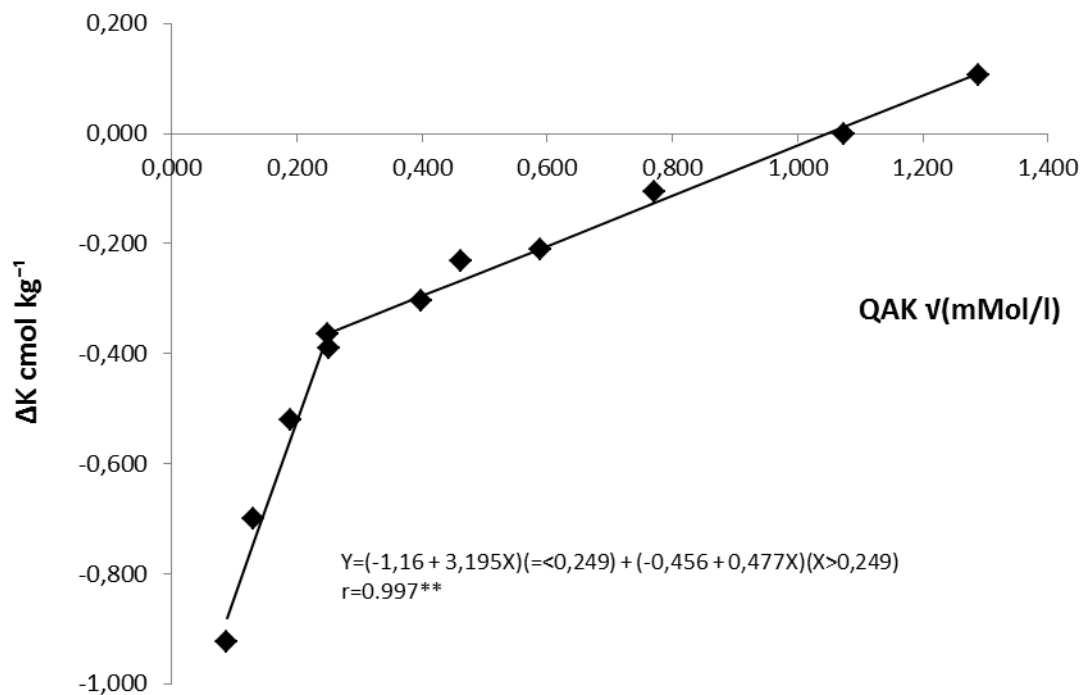
Curva Q/I do solo 2165 no intervalo de argila acima de 60.



Curva Q/I do solo 2439 no intervalo de argila acima de 60.



Curva Q/I do solo 2440 no intervalo de argila acima de 60.



Curva Q/I do solo 2020 no intervalo de argila acima de 60.