



**BIANCA BATISTA BARRETO**

**DESENVOLVIMENTO DE UMA TÉCNICA  
ÓPTICA PARA CARACTERIZAÇÃO DA  
PRESENÇA DE CROSTA SUPERFICIAL DO  
SOLO**

**LAVRAS – MG**

**2016**

**BIANCA BATISTA BARRETO**

**DESENVOLVIMENTO DE UMA TÉCNICA ÓPTICA PARA  
CARACTERIZAÇÃO DA PRESENÇA DE CROSTA SUPERFICIAL DO  
SOLO**

Dissertação apresentada à Universidade  
Federal de Lavras, como parte das  
exigências do Programa de Pós-  
Graduação em Engenharia Agrícola, área  
de concentração em Instrumentação, para  
obtenção do título de Mestre

Dr. Roberto Alves Braga Júnior

Orientador

Dr. Graham Horgan

Dr. Fernando Pujaico Rivera

Coorientadores

**LAVRAS – MG**

**2016**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca  
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Barreto, Bianca Batista.

Desenvolvimento de uma técnica óptica para caracterização da  
presença de crosta superficial do solo / Bianca Batista Barreto. –  
Lavras : UFLA, 2016.

59 p. : il.

Dissertação (mestrado acadêmico)–Universidade Federal de  
Lavras, 2016.

Orientador(a): Roberto Alves Braga Júnior.

Bibliografia.

1. Crosta superficial. 2. Técnica Óptica. 3. Semivariograma. I.  
Universidade Federal de Lavras. II. Título.

**BIANCA BATISTA BARRETO**

**DESENVOLVIMENTO DE UMA TÉCNICA ÓPTICA PARA  
CARACTERIZAÇÃO DA PRESENÇA DE CROSTA SUPERFICIAL DO  
SOLO**

**DEVELOPMENT OF AN OPTIC TECHNIQUE FOR  
CHARACTERIZING THE PRESENCE OF SUPERFICIAL CRUST OF  
THE SOIL**

Dissertação apresentada à Universidade  
Federal de Lavras, como parte das  
exigências do Programa de Pós-  
Graduação em Engenharia Agrícola, área  
de concentração em Instrumentação, para  
obtenção do título de Mestre

APROVADA em 26 de agosto de 2016.

Prof. Dr . Antônio Carlos Loureiro Lino            IAC

Prof. Dr. Yuri Lopes Zinn                            UFLA

Prof. Dr. Inácio Maria Dal Fabbro                USP

Dr. Roberto Alves Braga Júnior  
Orientador

Dr. Graham Horgan  
Dr. Fernando Pujaico Rivera  
Coorientadores

**LAVRAS – MG**

**2016**

*À Janete, minha mãe, e ao Afrânio, meu pai, pessoas que sempre me apoiaram e incentivaram.*

*Ao Guilherme, Rubinho e Duda, meus irmãos, pelo companheirismo e carinho.*

*Ao Miguel, meu sobrinho, pelas brincadeiras e diversões.*

*À Dona Amélia, Dona Nely e Sr. Zé Barreto, meus avós, por sempre torcerem por minha vitória.*

*DEDICO.*

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por estar sempre em cada passo da minha caminhada.

À minha mãe, Janete de Cássia Batista, pela dedicação, amor, e incentivo nos momentos difíceis.

Ao meu pai, Afrânio Fortes Barreto, pelo apoio, confiança e carinho.

Aos meus irmãos, Guilherme Batista Barreto, Rubens Batista Barreto e Maria Eduarda Hertel Barreto, pela convivência, amizade e carinho.

Ao meu sobrinho, Miguel, pelos momentos de descontração.

Aos meus Avós Amélia Brandão, Nely Fortes e José Barreto, mesmo não estando presente mais, sempre acreditaram na minha vitória.

A todos meus familiares pelo incentivo.

À Gabriela Lopes Vieira Campos e Aline Silva Freitas, que mesmo na distância, estiveram sempre ao meu lado.

À Fernanda Marcondes, Jacqueline Cardoso e Ana Luíza Barreto, por dividirem momentos especiais em casa.

À República Saia Justa pela irmandade e companheirismo.

À Universidade federal de Lavras (UFLA), em especial ao programa de Pós-Graduação, pela oportunidade de realização do curso, à CAPES pela concessão da bolsa que tornou possível a realização deste trabalho.

Ao Professor Roberto Braga pela paciência, confiança, incentivo, amizade, apoio e ajuda, obrigada.

Ao Professor Mozart Martins Ferreira e ao Dcs. Raphael Henrique da Silva Siqueira pelas sugestões e ajuda no trabalho desenvolvido.

Ao Fernando Pujaico Rivera pelos auxílios com o Programa R.

À Ellem Nascimento por todos os conselhos e amizade.

Ao Sr. Antônio e Dona Josélia por todo cuidado e atenção.

À Claudilene, Ana Luíza, Thiago, Diego, Diogo, Rodrigo e demais amigos do CEDIA pela ajuda nos trabalhos desenvolvidos, paciência, momentos de descontração, almoços no RU, etc.

À Helem, secretária da Pós-Graduação, pela ajuda e paciência.

Agradeço a todos os professores e técnicos do programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola que me proporcionaram conhecimento no decorrer desse período.

Enfim, todos aqueles que colaboraram de alguma forma para o cumprimento desta etapa da minha vida.

*Obrigada!*

## RESUMO

A expansão da fronteira agrícola e as recorrentes perturbações causadas pelas práticas produtivas adotadas são fatores de exposição e degradação do solo em suas propriedades físicas, químicas e biológicas. A formação de crostas superficiais no solo pode ser ou não prejudicial para a agricultura, pois prejudica sua estrutura, a infiltração de água, modificando sua rugosidade e porosidade, aumentando o escoamento superficial e, conseqüentemente, a erosão. É possível em casos específicos ter as crostas superficiais como fator positivo para a prática agrícola, e dessa forma é relevante o monitoramento de sua ocorrência. O uso de técnicas ópticas como o uso de laser e processamento de imagens pode ser uma potencial ferramenta na análise superficial do solo de forma não destrutiva. Assim, partindo dessa motivação, o presente trabalho teve o objetivo de desenvolver uma técnica não destrutiva, de baixo custo, portátil e robusta para a caracterização do solo quanto à presença de crosta superficial. Foram iluminadas e registradas imagens de amostras com crosta superficial e amostras sem crosta superficial, com o seu processamento das imagens e identificação de parâmetros que possam se relacionar com os dois tipos investigados. Os resultados mostraram que é possível usar a técnica ótica como método de diferenciação da crosta superficial do solo de forma não destrutiva.

Palavras-chave: Costa superficial, Técnicas Ópticas, Semivariograma



## ABSTRACT

The expansion of the agricultural frontier and the recurrent disturbances caused by the production practices are responsible for the exposure and the degradation factors for the soil in its physical, chemical and biological properties. The formation of superficial crusts in the soil may compromise the crop, given the damages to soil structure, water infiltration and modification of roughness and porosity, increasing surface drainage and, consequently, erosion. In specific cases, it is possible to have superficial crusts as a positive factor for agricultural practice, thus, the monitoring of their occurrence is relevant. Optical techniques, such as laser and image processing, are potential tools for non-destructive superficial analysis of the soil. This work aimed to develop a non-destructive, low cost, portable and robust technique for characterizing the soil regarding the presence of superficial crust. Images of samples with and without superficial crusts were illuminated, registered, processed identifying the parameters that can be linked to the crust. The results showed that it is possible to use the optic technique as method for differentiating superficial crust of the soil in a non-destructive manner.

**Keywords:** Superficial crust. Optic technique. Semivariogram.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Rugosímetro de varetas .....	20
Figura 2 - Rugoímetro a laser .....	21
Figura 3 - LASERLine LGE20/532/c .....	23
Figura 4 - Amostra de solo com encrostamento superficial.....	26
Figura 5 - Amostra de solo sem o encrostamento superficial. ....	26
Figura 6 - Sistema de iluminação .....	27
Figura 7 - Esquema das linhas de amostragem .....	28
Figura 8 - Iluminação da amostra .....	29
Figura 9 - Imagem pré-processada pelo programa ImageJ .....	30
Figura 10 - Arranjo Experimental.....	33
Figura 11 - Imagem pré-processada do solo com encrostamento superficial .....	34
Figura 12 - Linha central da imagem do perfil do encrostamento superficial. ....	35
Figura 13 - Imagem pré-processada do solo sem encrostamento superficial.....	36
Figura 14 - Linha central da imagem do perfil do encrostamento superficial.....	37
Figura 15 - Junção de todas as funções, sendo o solo com a presença da crosta representado pela cor vermelha e o solo sem a presença da crosta, pela cor verde. ....	38
Figura 16 - Semivariograma para caracterização das amostras de solo, sendo também o solo com a presença da crosta representado pela cor vermelha e o solo sem a presença da crosta, pela cor verde. ....	39
Figura 17 - Valor médio do perfil de uma amostra com descontinuidade representada pela seta.....	40
Figura 18 - Imagem pré-processada com pontos de descontinuidade.....	41

Figura 19 - Imagem antes do processo de binarização .....	41
Figura 20 - Imagem original relatando as impurezas.....	42

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	13
2	OBJETIVOS .....	15
2.1	Objetivo Geral .....	15
2.2	Objetivos específicos.....	15
3	REFERENCIAL TEÓRICO .....	17
3.1	Encrostamento superficial .....	17
3.2	Técnicas para medição e caracterização da crosta superficial do solo .....	18
3.2.1	Rugosímetro de agulhas .....	18
3.2.2	Rugosímetro a laser .....	20
3.3	Técnicas ópticas na agricultura.....	21
3.4	Laser linha.....	22
4	MATERIAL E MÉTODOS .....	25
4.1	Obtenção das amostras .....	25
4.2	Ajuste do Sistema de iluminação.....	27
4.3	Iluminação das amostras.....	27
4.4	Processamento das imagens .....	29
4.5	Estatística dos dados.....	31
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	33
5.1	Ajuste do sistema de iluminação .....	33
5.2	Imagens processadas .....	33
5.2.1	Com presença da crosta superficial .....	34
5.2.2	Sem presença da crosta superficial .....	35
5.2.3	Semi-variograma de todas as amostras .....	37
5.2.4	Comportamento inesperado .....	39
5.3	Resultado estatístico .....	42
6	CONCLUSÕES.....	45
	REFERÊNCIAS .....	47
	ANEXO A - Comando para geração do semivariograma.....	52
	ANEXO B - Teste <i>t de Student</i> .....	54

## 1 INTRODUÇÃO

O aumento da população mundial tem como uma das suas principais consequências a necessidade de aumento da produção de alimentos e insumos para suprir as necessidades de consumo da população. Visando suprir essa necessidade, a produção das áreas agrícolas precisa ser intensificada com o aumento da eficiência das áreas produtivas, evitando aberturas de novas áreas em substituição a florestas bem como cuidado da redução do impacto ambiental.

O preparo intensivo do solo pode prejudicar sua estrutura, porosidade e aeração, infiltração da água e produtividade das culturas. Associado a isso, a exposição direta do solo ao impacto das gotas de chuva favorece o aparecimento de crostas superficiais, um importante fator de degradação do solo, mas que em casos específicos pode ser um fator de aumento de produção, como é do caso da cultura do café.

A formação das crostas pode ser prejudicial para a agricultura e para o meio ambiente, pois causa alterações no solo prejudicando sua estrutura, o que dificulta a infiltração de água, modificando sua rugosidade e porosidade, aumentando o escoamento superficial e, conseqüentemente, a erosão. O estudo e o monitoramento das crostas superficiais são importantes para o manejo e conservação do solo e da água, principalmente em regiões de clima tropical, onde a formação das crostas pode ser mais intensa.

As técnicas geralmente utilizadas para medição e caracterização do encrostamento superficial do solo são os rugosímetros de agulhas e a laser. O rugosímetro de agulhas apresenta a vantagem de ser de baixo custo, de fácil transporte e manejo no campo, porém modifica o local do solo analisado, não garantindo que terá a sensibilidade para detectar a rugosidade além de demandar mão-de-obra especializada e estar sujeito ao erro humano. Já o rugosímetro a laser, sendo ele uma técnica óptica, não tem o contato com o solo, porém

apresenta alto custo e trabalha com o objetivo de criar um mapa da superfície do solo, o que é além do demandado para a determinação do encrostamento.

Técnicas ópticas apresentam a vantagem de não ter a necessidade de contato físico com o objeto analisado, sendo assim, não destrutivas, além de permitir o uso da visão computacional como fator de análise, diminuindo assim a subjetividade do operador. Na Engenharia Agrícola, a técnica óptica vem sendo uma potencial ferramenta para aplicações em ciência do solo por sua grande sensibilidade e capacidade de análises em tempo real.

Este trabalho teve como objetivo desenvolver uma técnica óptica de baixo custo, portátil e robusta para a caracterização do solo quanto à presença de crosta superficial, por meio do sistema de iluminação com um laser de linha para obter o perfil do solo e de testes com solos com distintos encrostamentos.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Desenvolver uma técnica não destrutiva, de baixo custo, portátil e robusta para a caracterização do solo quanto à presença de crosta superficial.

### **2.2 Objetivos específicos**

- a) Ajustar o sistema de iluminação usando um laser de linha para obter melhor identificação do perfil do solo.
- b) Testar solos com distintos níveis de encrostamento.





### **3 REFERENCIAL TEÓRICO**

#### **3.1 Encrostamento superficial**

O impacto das gotas de chuva na superfície do solo descoberto ocasiona uma série de efeitos: desintegração de agregados, arrastamento e deposição de partículas, causando erosão e modificando a estrutura do solo de várias formas. Uma das consequências desse processo é a formação de encrostamento superficial, característica comum em solos cultivados em várias regiões do mundo (HU et al., 2012; KINNEL, 2005).

A crosta superficial é uma camada pouco regular, algumas vezes endurecida, com partículas de tamanho bem selecionado, que se formam na superfície do solo, podendo entupir poros, prejudicando ou mesmo impedindo a infiltração da água no solo, cuja espessura pode variar de 0,1 até 50 mm, podendo apresentar rachaduras (FOX; BRYAN; FOX, 2004; FOX; LE BISSONNAIS; BRUAND, 1998; VALENTIN; BRESSON, 1992).

A formação do encrostamento superficial é um resultado de dois mecanismos complementares: (I) uma desintegração física dos agregados superficiais causada, principalmente, pela energia de impacto de gotas de chuva, levando à formação da fina camada superior; (II) a dispersão físico-química das partículas de argila do solo, que migram no solo com a água infiltrante e obstruem os poros imediatamente abaixo da superfície (AGASSI; SHAINBERG; MORIN, 1981). Os solos com maior teor de silte e areia fina são mais susceptíveis ao encrostamento, pois formam agregados menos estáveis, liberando partículas mais facilmente (LE BISSONNAIS; BRUAND, 1993).

As partículas soltas presentes no solo são transportadas e depositadas em outras áreas, passam pelo processo de rearranjo, onde ocorre a obstrução e preenchimento dos macroporos. Com isso, ocorrem também os processos de alisamento e rebaixamento da superfície do solo. Após a secagem deste solo

devido à ação do sol, a camada sofre uma contração formando uma camada densa e dura, com elevada resistência à penetração, dificultando infiltração de água e germinação das sementes (ASSOULINE, 2004; BAJRACHARYA; LAL, 1999).

O processo de encrostamento é favorecido pelo teor de umidade do solo, intensidade e duração do evento chuvoso, condições climáticas (ELTZ; NORTAN, 1997; VIDAL-VÁZQUEZ et al., 2010), mas principalmente depende de fatores externos, como tipo e intensidade do preparo mecânico (BERTOL et al., 2006; KAMPHORST et al., 2000), além de depender também da compactação do solo que favorece seu aparecimento (ZOLDAN JUNIOR, 2006).

Diversos estudos abordando o encrostamento do solo têm sido realizados, desde o início do século XX. Contudo, o interesse no fenômeno continua em razão das suas importantes consequências no meio ambiente e sua importância econômica (SOUZA et al., 2014).

Hu et al. (2012) afirmaram que, como a estrutura de uma crosta de solo é instável, em razão do impacto das gotas de chuva e escoamento superficial, estudos estatísticos e isolados não proporcionam um entendimento completo do desenvolvimento da crosta do solo.

### **3.2 Técnicas para medição e caracterização da crosta superficial do solo**

Os métodos mais utilizados para a medição e caracterização da crosta superficial do solo são o rugosímetro de agulhas e rugosímetro a laser (BERTOLANI et al., 2000).

#### **3.2.1 Rugosímetro de agulhas**

O método é composto por uma fileira de agulhas dispostas verticalmente sobre o solo e uma câmera fotográfica acoplada, para registros do relevo do solo (Figura 1). Esta técnica baseia-se em medir a maior ou menor distância existente

entre o extremo de cada vareta do rugosímetro e uma linha de referência, a qual depende da altura do ponto no solo onde cada vareta faz o contato. O registro dos dados realiza-se mediante a tomada de fotografias dos diferentes solos e posterior tratamento das mesmas mediante análise de imagem (LIÑARES; CASTRO, 1998).

Normalmente, o rugosímetro possui 20 varetas de alumínio, separadas 30 mm uma das outras e delimitadas por uma linha de suporte. Na linha de suporte encontra-se fixada uma barra de alumínio de 1,8 m de comprimento, onde está a câmera fotográfica acoplada na outra extremidade. Atrás das varetas tem-se uma chapa branca para aumentar o contraste e melhorar a visualização das varetas na foto. O conjunto de varetas, bem como o fundo branco é movido manualmente sobre um suporte do aparelho, fixado no terreno em nível. A operação de leitura do rugosímetro de agulhas, assim como sua manipulação, modifica a superfície lida devido ao contato mecânico existente entre as agulhas e a superfície do solo. Portanto, esse instrumento não permite que outras leituras sejam realizadas posteriormente no mesmo local, mas somente próximas umas das outras. Esta técnica apresenta vantagens como baixo custo, facilidade de transporte e de manejo de campo (BERTOL; GONZÁLEZ; VÁZQUEZ, 2007), mas apresenta desvantagens como a grande interferência humana com o trabalho manual, a sensibilidade limitada à distância das varetas, além daquelas relacionadas a uma medição invasiva.

Figura 1 - Rugosímetro de varetas



Fonte: Correa et al. (2012)

### 3.2.2 Rugosímetro a laser

O rugosímetro a laser consiste em uma técnica não destrutiva, o que possibilita diversas leituras em um mesmo local. Para a leitura da superfície do solo, é utilizado um aparelho acoplado a um computador portátil para registro automático das leituras (MARIA; STORINO; CASTRO, 2003). Este equipamento cobre geralmente uma área amostral de 1m<sup>2</sup> e determina a variação de alturas de dados pontuais espaçados a cada 1 cm, resultando em 10.000 pontos de leitura, sendo o mecanismo de leitura o mesmo de uma trena a laser. O rugosímetro a laser se comparado ao rugosímetro de agulhas apresenta melhor representatividade e precisão nos resultados, devido a altos números de medidas, o que melhora a estatística dos resultados. Por outro lado, ele apresenta custo mais elevado e é limitado ao uso de campo devido à interferência que sofre na presença da luz solar durante a leitura da rugosidade, o que provoca alterações significativas nos resultados, e para minimizar o erro, descartam-se os dados obtidos nas extremidades (BERTUZZI et al., 1990; PAZ; TABOADA, 1996).

Figura 2 - Rugoímetro a laser



Fonte: Bramorski et al. (2014)

### 3.3 Técnicas ópticas na agricultura

A técnica óptica é uma ferramenta bastante útil e com grande potencial para aplicação na agricultura, pois não é destrutiva, não requer contato físico com o objeto a ser analisado e possui alta sensibilidade.

O número de aplicações de técnicas ópticas é enorme e entre elas pode-se citar a de Ozer, Orhan e Isik (2010), que propôs difração de raio laser para análise da distribuição granulométrica e tamanho da fração da argila no solo. Arrizaga, Lowery e Dewayne (2006), Eshel et al. (2004) e Sperazza, Moore e Hendrix (2004) obtiveram os mesmos resultados propostos pelos métodos tradicionais, com menor tempo de análise, utilizando um menor tamanho de amostra, obtendo alta repetitividade, boa confiabilidade e gerando armazenamento dos dados em formato digital. McKenzie et al. (2016) utilizaram a técnica óptica de moiré para avaliar a marca criada no solo com o pneu do trator, levando em consideração o número de passagens no solo. Costa et al. (2016) utilizaram também a técnica de moiré no controle de qualidade e classificação a partir de aspectos físicos, do estágio de maturação do fruto de

macaúba. Ainda, Silva et al. (2011) utilizaram a técnica para avaliar a topografia de ovos, o que permitiu estimar a massa da gema, da clara, da casca e totais, produtos amplamente utilizados na indústria.

Outra linha de pesquisa que tem sido aplicada a processos agropecuários é conhecida como *biospeckle laser*, e que permite uma série de aplicações como aquela apresentada por Braga Junior et al. (2005), que a usaram para detectar a presença de fungos na semente de feijão. Enquanto isso, Nascimento et al. (2007) analisaram a degradação da semente de feijão. Mariano et al. (2014) caracterizaram a atividade biológica de raízes de *citrus*, mostrando que no ápice a atividade é mais intensa do que em todo seu corpo.

Yoshida e Hallett (2008) propuseram a técnica óptica para determinar o ângulo de abertura na ponta da trinca do solo, sendo esse um parâmetro promissor da fatura para produzir um crescimento estável de trincas no solo molhado.

### **3.4 Laser linha**

Geradores de linha a laser, mais conhecidos como laser de linha, são disponíveis comercialmente e amplamente utilizados em controle e automação de processos, e em sistema de inspeção (BLAIS, 2004). O sistema óptico mais simples para gerar uma linha de laser usa uma única lente cilíndrica para aumentar a divergência do feixe em uma direção. Portanto, junto ao laser é usada uma lente cilíndrica plano-côncava para transformar um feixe simétrico circular em uma linha definida (CRAGGS et al., 2012). A figura 3 ilustra um modelo do laser usado neste experimento. A precisão da técnica de medição depende da precisão do meio na qual a linha vai ser inserida (CHEN; BROW; SONG, 2000).

O laser de linha tem inúmeras aplicações, entre elas a leitura de código de barras de uma máquina, e alguns tipos de varreduras, scanners a laser.

Figura 3 - LASERLine LGE20/532/c



Fonte: Do autor (2016)





## **4 MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1 Obtenção das amostras**

As amostras de solo com e sem crosta superficial foram retiradas da Fazenda Experimental da EPAMIG, na cidade de São Sebastião do Paraíso. De acordo com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2006), o solo é classificado como Latossolo Vermelho distroférico (LVdf). Este trabalho foi utilizado em conjunto com outro trabalho de doutorado que visou avaliar a influência do encrostamento do solo em lavouras de café (SIQUEIRA, 2015).

Foram utilizados cilindros de PVC com 150 mm de diâmetro e 100 mm de altura para a coleta das amostras indeformadas. Para retirada das amostras, os cilindros de PVC foram adaptados com biesel nas extremidades para melhor penetração destes no solo sem que fosse afetada sua estrutura, com o solo umedecido e escavado em volta com canivete. Foram retiradas oito amostras, sendo quatro com o encrostamento superficial e quatro sem o encrostamento superficial. Após a retirada das amostras, elas foram encaminhadas ao Centro de Desenvolvimento de Instrumentação Aplicada à Agropecuária (CEDIA) no departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras para os ensaios de iluminação.

A Figura 4 mostra um exemplar com o encrostamento superficial do solo e a Figura 5, um exemplar sem o encrostamento superficial.

Figura 4 - Amostra de solo com encrostamento superficial.



Fonte: Do autor (2016)

Figura 5 - Amostra de solo sem o encrostamento superficial.

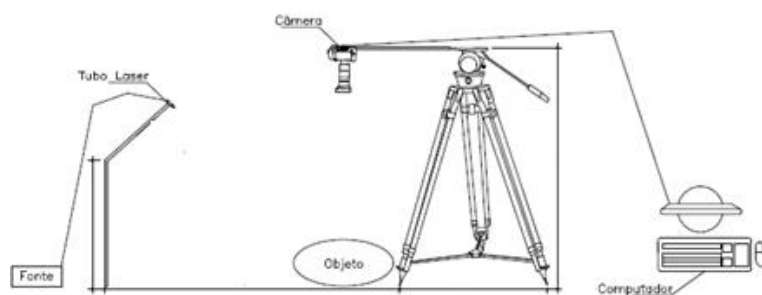


Fonte: Do autor (2016)

## 4.2 Ajuste do Sistema de iluminação

O Sistema de iluminação foi testado e ajustado de diversas maneiras, buscando encontrar a melhor posição da câmera, laser e amostra de solo, juntamente com ângulos de inclinação e distâncias entre os objetos. Na Figura 6 é apresentado o esquema do sistema proposto de iluminação.

Figura 6 - Sistema de iluminação



Fonte: Do autor (2016)

## 4.3 Iluminação das amostras

As amostras de solo foram iluminadas no Laboratório de Óptica 1 do Centro de Desenvolvimento de Instrumentação Aplicada à Agropecuária (CEDIA) da Universidade Federal de Lavras. A iluminação foi feita com o laser de linha LASERLine modelo LGE20/532/c com potência de 20mW, comprimento de onda de 532nm e cor verde. O laser usado foi conectado a uma fonte de energia LASERLine A.C. de 90-240v.

O laser de linha iluminou a amostra de solo em três linhas diferentes, distantes 0.5 cm de distância entre elas, sendo capturada uma imagem para cada linha de acordo com a Figura 7. A Figura 8 representa a imagem registrada no ato da iluminação para posterior processamento, sendo a área delimitada pelo retângulo representando a área cortada para o processamento de imagem.

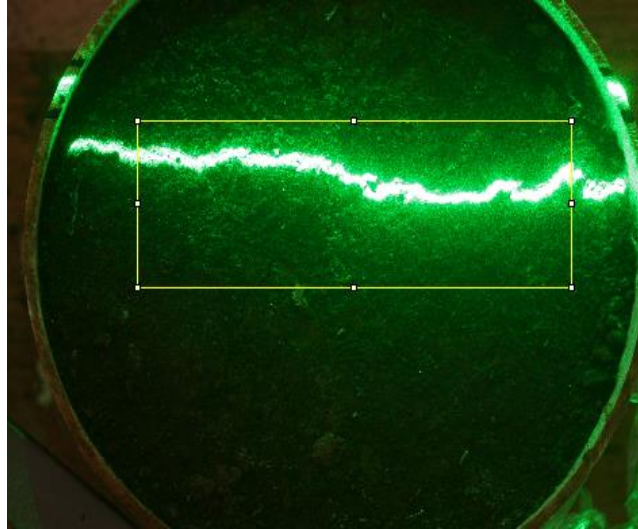
Para cada amostra de solo foram tomadas três imagens, como são quatro amostras com a presença da crosta superficial e quatro sem, totalizaram-se uma amostragem de vinte e quatro imagens, doze com a presença da crosta e doze sem a presença.

Figura 7 - Esquema das linhas de amostragem



Fonte: Do autor (2016)

Figura 8 - Iluminação da amostra



Fonte: Do autor (2016)

#### 4.4 Processamento das imagens

As imagens foram pré-processadas, individualmente, pelo programa ImageJ (RASBAND, 2004), que passaram pelo processo de corte para o tamanho 2304x708 pixels, com transformação para 8 bits. Foi feita ainda uma filtragem usando a função de Gaussian Blur com tamanho 5.0 e a binarização da imagem, com a cor branca sendo representada pelo número “255” e a cor preta pelo “0” após a inversão do padrão preto e branco. A Figura 9 mostra o processo descrito anteriormente aplicado à Figura 8.

Figura 9 - Imagem pré-processada pelo programa ImageJ



Fonte: Do autor (2016)

Posteriormente, todas as imagens foram importadas pelo programa Ri386 3.2.2 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2008) e gerado um semi-variograma (MCBRATNEY; WEBSTER, 1986). No programa, para cada imagem foi ajustada uma função de cálculo de média para todos os pontos de coluna, pela qual foi gerado um ajuste dos pontos de média para cada imagem e posteriormente um ajuste para todas as imagens. A rotina utilizada para processar o programa está no Anexo A.

A equação do semi-variograma é representada pela equação (1).

$$2\gamma(h) = \frac{1}{N(h)} \sum_{N(h)} [Z(u) - Z(u + h)]^2 \quad (1)$$

onde,

$N(h)$ : número total de pares de amostras a uma distância (h)

$Z(u)$ : amostra na posição (U)

$Z(u+h)$ : amostra na posição (U+H)

#### **4.5 Estatística dos dados**

A estatística dos dados foi realizada pelo Teste *t de student* também no programa Ri386 3.2.2 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2008), para verificar se há diferenças estatísticas entre os tratamentos analisados.





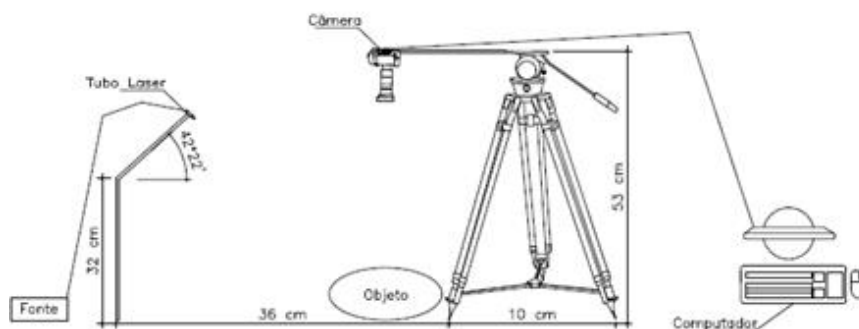
## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Ajuste do sistema de iluminação

Diversas configurações foram testadas para garantir a melhor definição do perfil do solo e a saída gráfica teve o laser fixado em uma haste de 32 cm de altura a uma distancia de 36 cm da extremidade da amostra e um ângulo de inclinação de  $42^{\circ}22'$  da haste ao laser.

As imagens foram capturadas por uma câmera Cannon EOS fixada em um tripé em uma posição ótima de 53 cm de altura, com uma distancia de 10 cm da outra extremidade da amostra e a câmera em um ângulo de  $90^{\circ}$  em relação ao tripé. A câmera foi conectada a um computador, onde as imagens foram salvas. O arranjo experimental é representado pela Figura 9.

Figura 10 - Arranjo Experimental



Fonte: Do autor (2016)

### 5.2 Imagens processadas

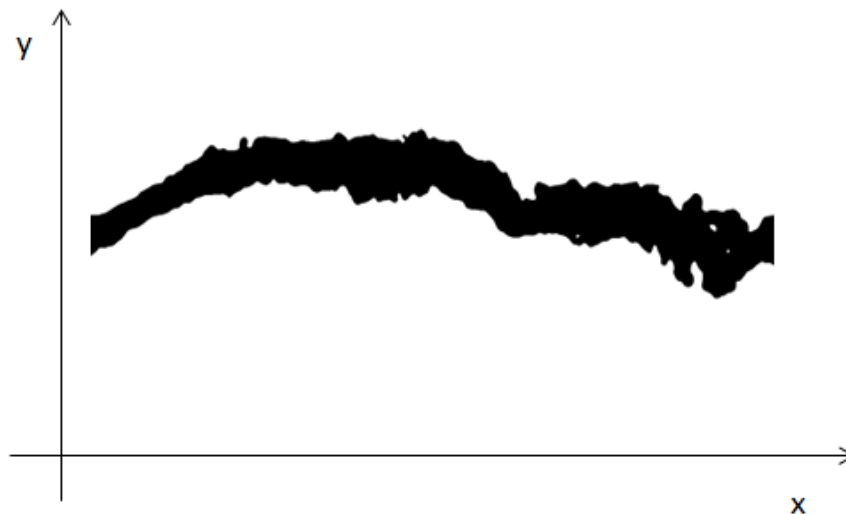
Primeiramente, as imagens foram pré-processadas individualmente pelo programa ImageJ (RASBAND, 2004), tornando-as binárias, como apresentadas nas Figura 10 e Figura 12. Posteriormente, o conjunto das vinte e quatro imagens foi processado pelo programa Ri386 3.2.2 (R DEVELOPMENT CORE

TEAM, 2008) através do comando em Anexo I, sendo diferenciadas com doze imagens com a presença da crosta superficial e doze sem a presença da crosta.

### 5.2.1 Com presença da crosta superficial

As imagens das amostras de solo com a presença da crosta superficial pré-processadas foram representadas como linhas e colunas contínuas, como mostra a Figura 11, pelo qual o eixo x da imagem representa as colunas em 2304 pixels e o eixo y, as linhas em 708 pixels.

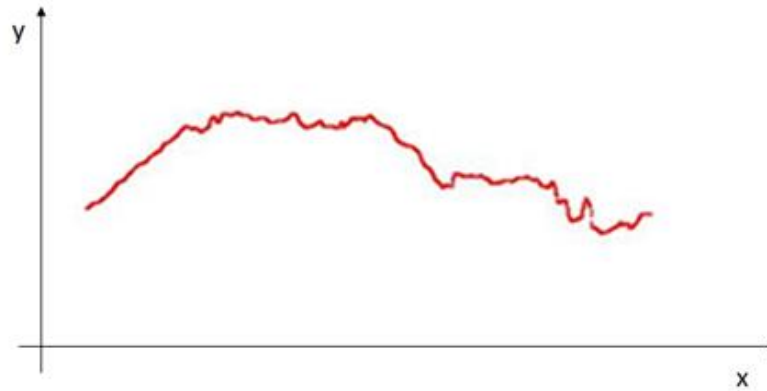
Figura 11 - Imagem pré-processada do solo com encrostamento superficial



Fonte: Do autor (2016)

No programa Ri386 3.2.2 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2008), todo o conjunto das 12 imagens com encrostamento foi processado, sendo que para cada imagem foi ajustada uma função, calculando a média dos pontos de cada coluna. A Figura 11 mostra o ajuste de função da Figura 10. E, sendo também, esse ajuste de junção representado de forma contínua.

Figura 12 - Linha central da imagem do perfil do encrostamento superficial.

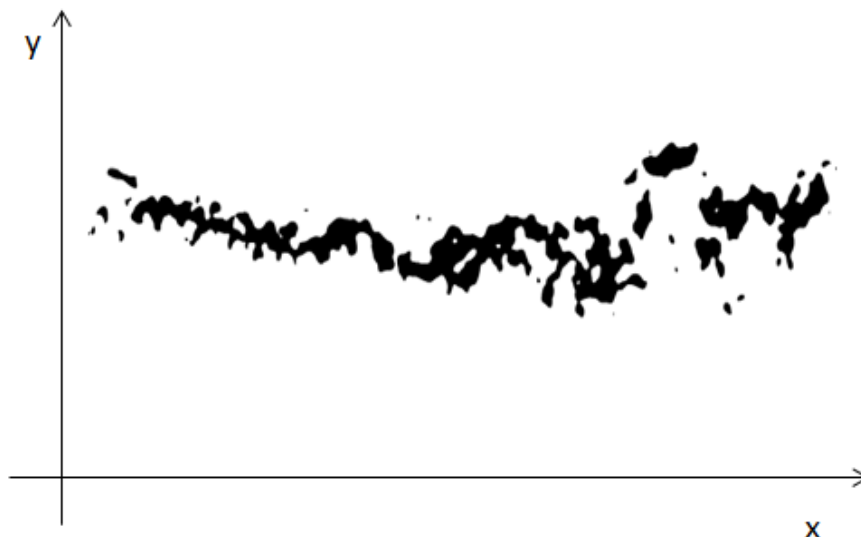


Fonte: Do autor (2016)

### 5.2.2 Sem presença da crosta superficial

As imagens que não apresentaram a crosta superficial foram representadas por descontinuidade nas linhas e colunas, como mostrado na Figura 12, sendo também o eixo x representando as colunas em 2304 pixels e o eixo y, as linhas em 708 pixels.

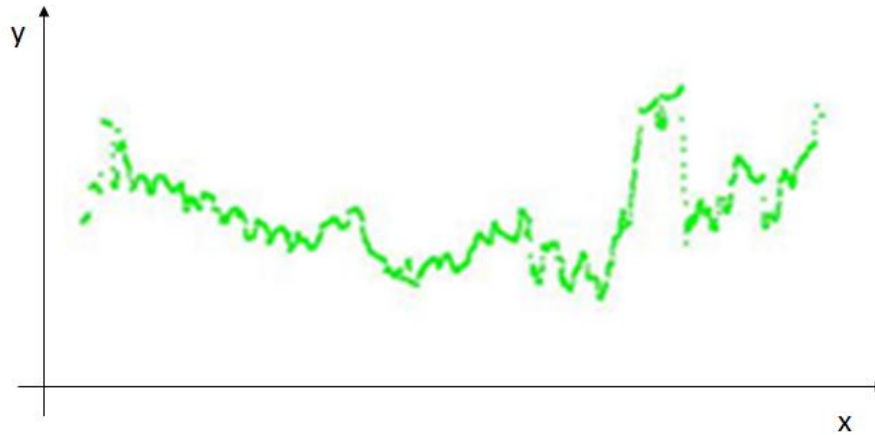
Figura 13 - Imagem pré-processada do solo sem encrostamento superficial



Fonte: Do autor (2016)

Também no programa Ri386 3.2.2 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2008), foi processado o conjunto das 12 imagens sem a presença do encrostamento, sendo calculado também o ajuste de função para o cálculo de média dos pontos das colunas para cada imagem. Esse ajuste de função está representado pela Figura 13, demonstrando também uma descontinuidade entre os pontos.

Figura 14 - Linha central da imagem do perfil do encrostamento superficial

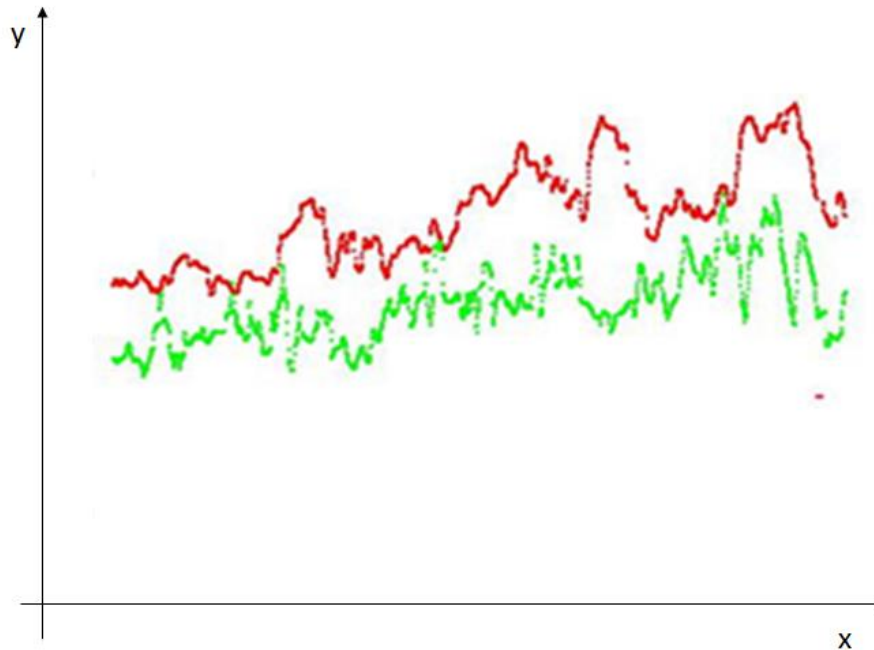


Fonte: Do autor (2016)

### 5.2.3 Semi-variograma de todas as amostras

Para a construção do semi-variograma, que também foi realizado no programa Ri386 3.2.2 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2008), foi utilizado todo o conjunto de vinte e quatro imagens. A Figura 14 mostra a sobreposição de todas as funções ajustadas anteriormente, na qual a cor vermelha representa as imagens com o encrostamento superficial e a cor verde, as imagens sem o encrostamento. No eixo x, tamanho da projeção no solo, são representadas as colunas e no eixo y, a variação da linha projetada, as linhas. Essa figura demonstra também que as imagens com o encrostamento apresentam uma variação menor, comparadas às imagens sem a presença do encrostamento.

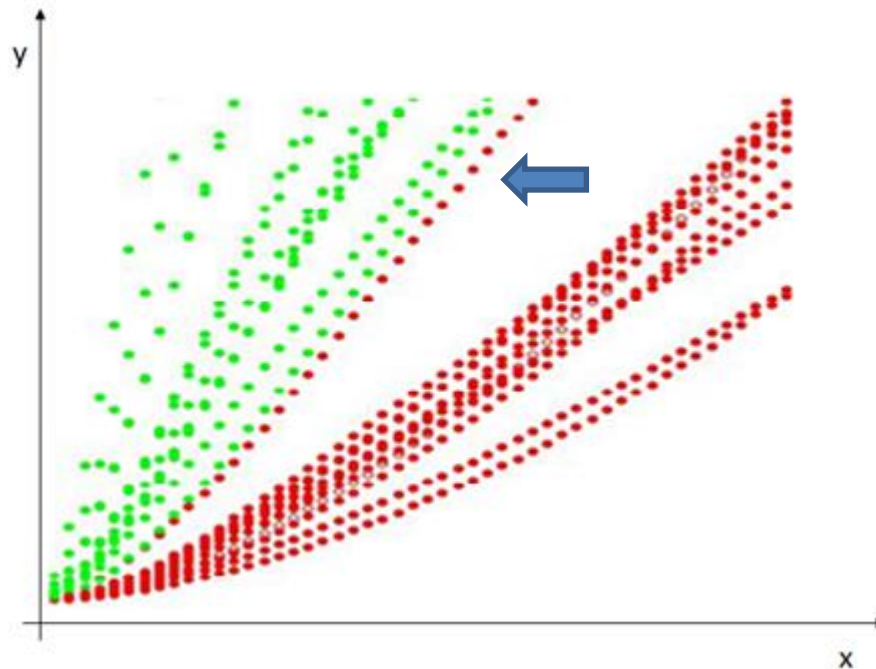
Figura 15 - Junção de todas as funções, sendo o solo com a presença da crosta representado pela cor vermelha e o solo sem a presença da crosta, pela cor verde.



Fonte: Do autor (2016)

A Figura 15 representa o semi-variograma e para sua construção é calculada a variância entre os pontos de cada coluna. O eixo x é representado pela posição da coluna e o eixo y pela variância da coluna. A cor verde representa as amostras sem a presença da crosta, e a cor vermelha representada pelas amostras com a presença da crosta. O semi-variograma conseguiu separar e caracterizar as diferentes amostras. Porém uma amostra com a presença da crosta se comportou como uma amostra sem a presença, sendo este um comportamento inesperado.

Figura 16 - Semivariograma para caracterização das amostras de solo, sendo também o solo com a presença da crosta representado pela cor vermelha e o solo sem a presença da crosta, pela cor verde.

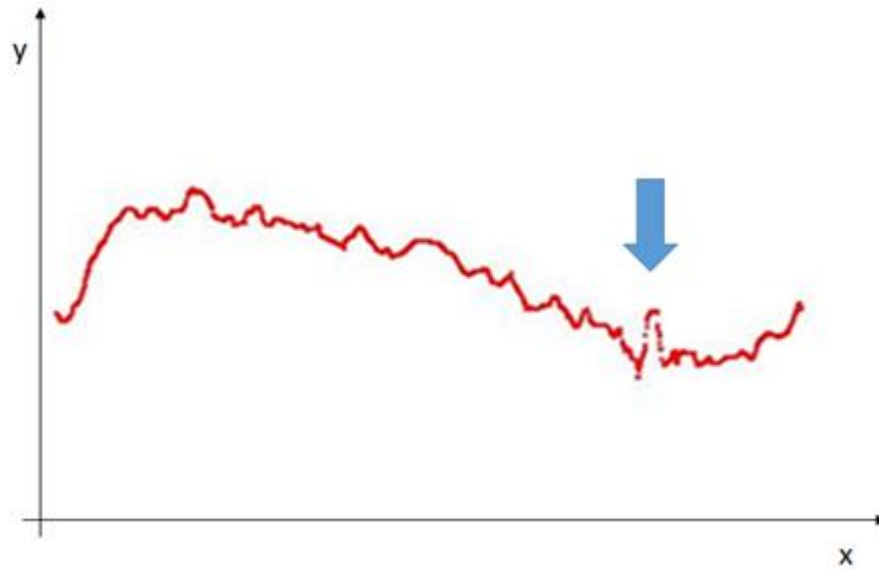


Fonte: Do autor (2016)

#### 5.2.4 Comportamento inesperado

O comportamento inesperado de uma imagem processada das amostras de solo com a presença da crosta foi relacionar-se a vários pontos de descontinuidade, se comportando então como uma amostra sem a presença da crosta, o que foi indicado pela seta na Figura 15. A Figura 16 mostra o ajuste de função para a média dos pontos da imagem, indicado pela seta, o ponto de descontinuidade da imagem, sendo a Figura 16, um ajuste de perfil da Figura 17.

Figura 17 - Valor médio do perfil de uma amostra com descontinuidade representada pela seta

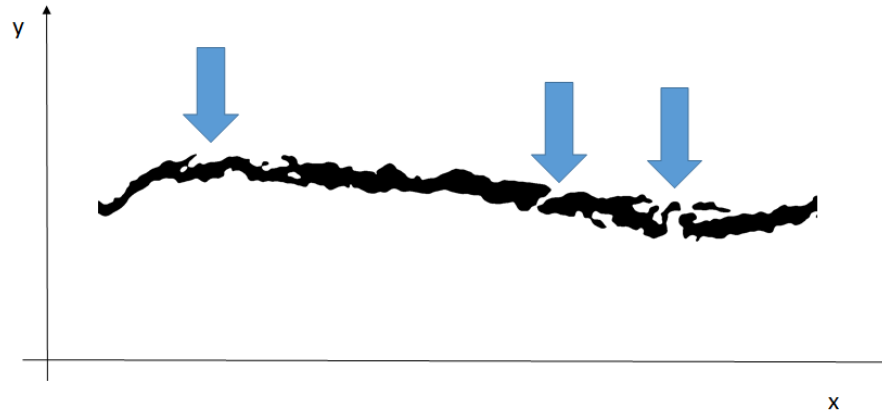


Fonte: Do autor (2016)

A fim de saber o porquê desse comportamento inesperado, as imagens pré-processadas com descontinuidade foram analisadas como indicado pelas setas da Figura 17. Comparadas com as imagens antes do processo de binarização, mostrada pela Figura 18, nas quais se podem destacar impurezas no solo, como restos vegetais sobre a amostra, indicados pelas setas. A Figura 19 mostra a imagem original, antes de todo o processamento, relatando também essas impurezas, sendo indicado o corte da imagem para o processamento e as setas com as impurezas.

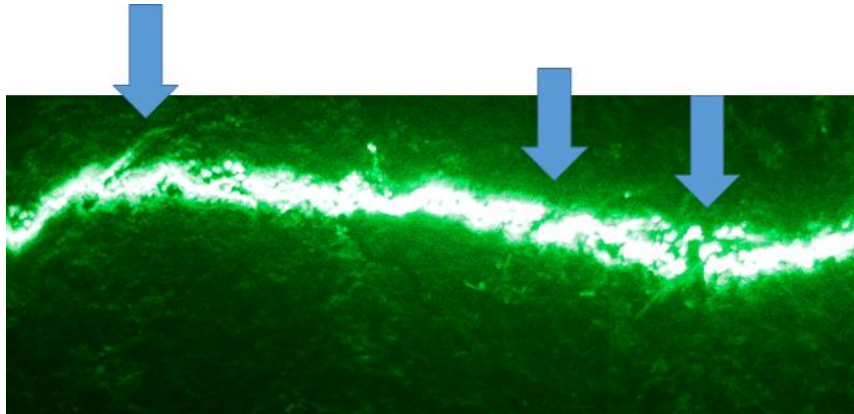


Figura 18 - Imagem pré-processada com pontos de descontinuidade



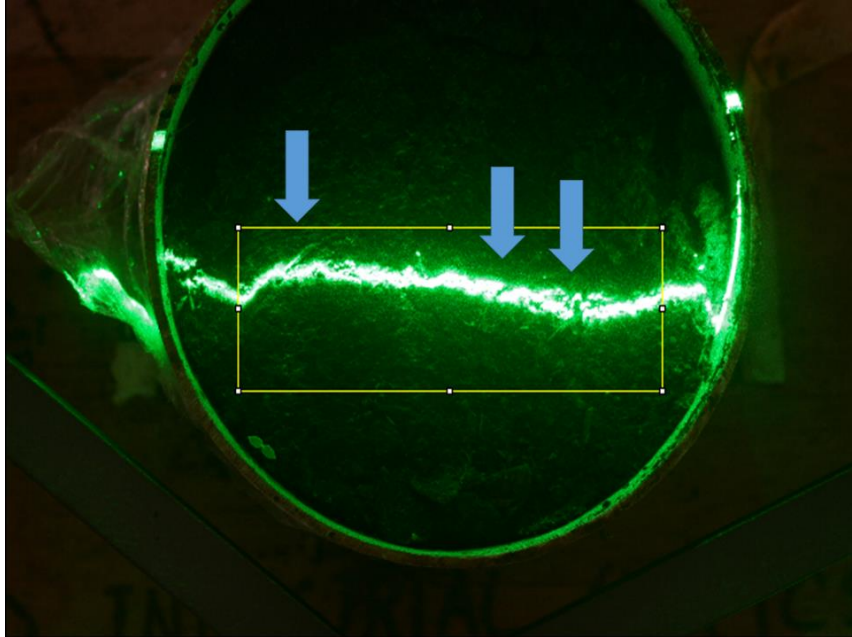
Fonte: Do autor (2016)

Figura 19 - Imagem antes do processo de binarização



Fonte: Do autor (2016)

Figura 20 - Imagem original relatando as impurezas



Fonte: Do autor (2016)

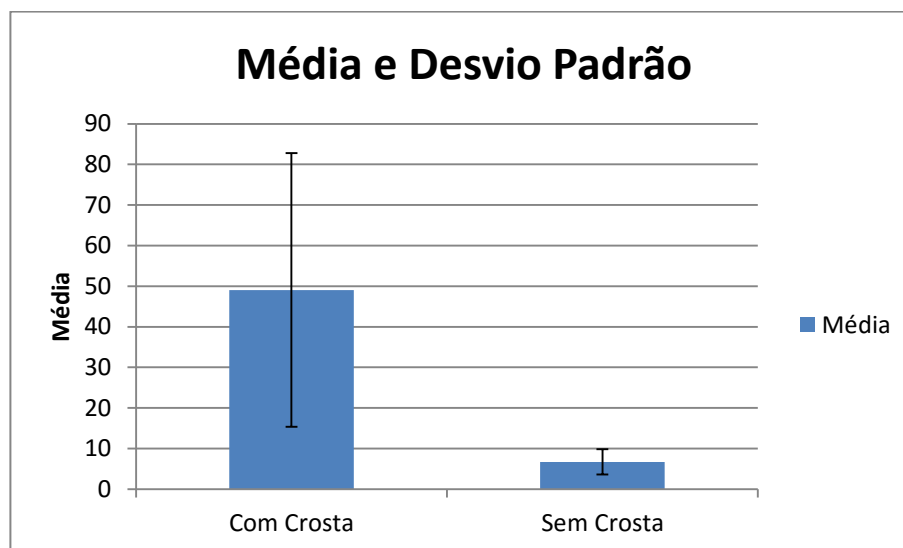
Com isso, recomenda-se que se faça uma limpeza superficial das amostras de solo antes do registro de imagens, delicadamente com pincel e pinça.

### 5.3 Resultado estatístico

Foram extraídos os dados numéricos das imagens dos semi-variogramas das posições do eixo x de 0 a 10 da Figura 16, sendo estes os 10 primeiros dados de cada semi-variograma, de cada imagem, totalizando 240 dados numéricos, 120 com a presença da crosta e 120 sem a presença da crosta. Depois de realizado o teste t de student (Anexo II), também pelo programa Ri386 3.2.2 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2008), com nível de significância de 0,05, constatou-se um valor P de  $2,2e^{-16}$ . Sendo este valor menor que o nível de significância, rejeita-se a hipótese nula, em que os dois tipos de amostras

analisadas seriam iguais. Então, comprovado estatisticamente, as amostras são diferentes, o que demonstra a variabilidade da técnica proposta.

Figura20: Média e desvio padrão dos pontos



Fonte: Do autor (2016)



## **6 CONCLUSÕES**

A técnica óptica desenvolvida, sendo ela não destrutiva, de baixo custo, portátil e robusta, é válida para a caracterização do solo quanto à presença de crosta superficial.

O melhor ajuste do sistema de iluminação para a melhor identificação do perfil do solo foi o laser a uma altura de 32 cm, inclinação de  $42^{\circ}22'$  e uma distância de 36 cm da amostra de solo, e a câmera a 53 cm de altura, formando um ângulo de  $90^{\circ}$  com a amostra.

A técnica também é válida para caracterizar solos com diferentes encrostamentos.



## REFERÊNCIAS

AGASSI, M.; SHAINBERG, I.; MORIN, J. Effect of electrolyte concentration and soil sodicity on infiltration rate and crust formation. **Soil Science Society of America Journal**, Kansas, v. 45, p. 848-851, Sept./Oct. 1981.

ARRIAGA, F. J.; LOWERY, B.; DEWAYNE, M. M. A fastmethod for determining soil particle size distribution using a laser instrument. **Soil Science**, Baltimore, v. 171, p. 663-674, 2006.

ASSOULINE, S. Rainfall-induced soil surface sealing: a critical review of observations, conceptual models, and solutions. **Vadose Zone Journal**, Austin, v. 3, p. 570-597, 2004.

BAJRACHARYA, R. M.; LAL, R. Land use effects on soil crusting and hydraulic response of surface crusts on a tropical Alfisol. **Hydrological Processes**, Chichester, v. 13, p. 59-72, 1999.

BERTOL, I. et al. Relations of soil surface roughness with the rainfall volume and water aggregate stability. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 30, p. 543-553, 2006.

BERTOL, I.; GONZÁLEZ, A. P.; VÁQUEZ, E. V. Rugosidade superficial do solo sob diferentes doses de resíduo de milho submetido à chuva simulada. **Pesquisa Agropecuária**, Brasília, DF, v. 42, n. 1, p. 103-110, jan. 2007.

BERTOLANI, F. C. et al. Variabilidade espacial da rugosidade superficial do solo medida com rugosímetros de agulhas e laser. **Bragantia**, Campinas, v. 59, n. 2, p. 227-234, 2000.

BERTUZZI, P. et al. An automated, noncontact laser profile meter for measuring soil roughness in situ. **Soil Science**, Baltimore, v. 149, p. 169-178, 1990.

BLAIS, F. Review of 20 years of range sensor development. **Journal of Electronic Imaging**, Bellingham, v. 13, p. 231-243, 2004.

BRAGA JUNIOR, R. A. et al. Detection of fungi in beans by the laser biospeckle technique. **Sensors**, Basel, v. 91, n. 4, p. 465-469, 2005.

BRAMORSKI, J. et al. **Utilização de rugosímetro a laser e simulador de chuvas para investigar dois prepares diferentes de solo sob processos erosivos**. Curitiba: SIAGRO, 2014. 4 p.

CHEN, F.; BROW, M.; SONG, M. Overview of three-dimensional shape measurement using optical methods. **Optical Engineering**, Redondo Beach, v. 19, p. 10-22, 2000.

CORREA, I. M. C. et al. Rugosidade da superfície de um Camissolo Húmicorelacionada com o preparo e compactação do solo sob chuva natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 36, n. 2, p. 567-576, 2012.

COSTA, A. G. et al. Measurement of volume of macaw palm fruit using traditional and the digital Moiré techniques. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 20, n. 2, p. 152-157, fev. 2016.

CRAGGS, G. et al. Characterization of a low-speckle laser line generator. **Optical Society of America**, Rochester, v. 51, n. 20, p. 4818-4826, 2012.

ELTZ, F. L. F.; NORTON, L. D. Surface roughness changes as affected by rainfall erosivity, tilage, and canopy cover. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 61, p. 1746-1755, 1997.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análises de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2006. 212 p.

ESHEL, G. et al. Critical evaluation of the use of laser diffraction for particle size distribution analysis. **Soil Science Society America Journal**, Madison, v. 68, p. 736-743, 2004.

FOX, D. M.; BRYAN, R. B.; FOX, C. A. Changes in pore characteristics with depth for structural crusts. **Geoderma**, Amsterdam, v. 120, n. 1/2, p. 109-120, May 2004.

FOX, D. M.; LE BISSONNAIS, Y.; BRUAND, A. The effect of ponding depth for structural crusts. **Catena**, Amsterdam, v. 32, p. 87-100, 1998.

HU, X. et al. Development of soil crusts under simulated rainfall and crust formation on a loess soil as influenced by polyacrylamide. **Pedosphere**, Amsterdam, v. 22, p. 415-424, June 2012.



KAMPHORST, E. C. et al. Predicting depression storage from soil surface roughness. **Soil Science of America Journal**, Madison, v. 64, p. 1749-1758, 2000.

KINNEL, P. I. A. Raindrop impact induced erosion processes prediction: a review. **Hydrological Processes**, Aberdeen, v. 19, p. 2815-2844, Sept. 2005.

LE BISSONNAIS, Y.; BRUAND, A. Crust micromorphology and runoff generation on silty soil materials during different seasons. **Catena**, Amsterdam, v. 24, p. 1-16, 1993.

LIÑARES, L. M.; CASTRO, T. M. M. Medida de la rugosidad del suelo en terrenos de cultivo. In: REUNIÓN NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 5., 1998, Barcelona. **Anais...** Barcelona, 1998. p. 731-734.

MARIA, L. V. de; STORINO, M.; CASTRO, O. M. de. Equipamento com sensor a laser para medida da rugosidade da superfície do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29., 2003, Ribeirão Preto. **Anais...** Botucatu: Ed. UNESP, 2003. v. 1, p. 1-3.

MARIANO, K. R. et al. Continuous, high-resolution biospeckle imaging reveals a discrete zone of activity at the root apex that responds to contact with obstacles. **Annals of Botany**, London, v. 113, n. 3, p. 555-563, Feb. 2014.

MCBRATNEY, A. G.; WEBSTER, A. G. Choosing functions for semi-variograms and fitting them to sampling estimates. **Journal of Soil Science**, Oxford, v. 37, p. 617-639, 1986.

MCKENZIE, B. M. et al. Moiré as a low-cost, robust, optical-technique to quantify soil surface condition. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 158, p. 147-155, May 2016.

NASCIMENTO, L. A. Desenvolvimento de um modelo de biospeckle na análise de semente de feijão. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 2, p. 456-461, mar./abr. 2007.

OZER, M.; ORHAN, M.; ISIK, N. Effect of particle optical on size distribution ossiols obtained by laser diffraction. **Environmental & Engineering Geoscience**, College Station, v. 16, n. 2, p. 163-173, May 2010.

PAZ, A. G.; TABOADA, M. T. Medida del microrrelieve del suelo y estimación de la retención hídrica en depresiones de la superficie. **Jornal de la Sociedad Española de Geomorfología**, La Coruña, v. 34, p. 829-841, 1996.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R**: foundation for statistical computing. Vienna, 2008.

RASBAND, W. S. **Image J**. Bethesda: National Institutes of Health, 2004.

SILVA, G. C. A. et al. Recuperação da topografia de solos por meio da técnica de moiré e calibração independente. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 31, n. 2, p. 211-218, abr. 2011.

SIQUEIRA, R. H. S. **Caracterização do encostamento superficial do solo cultivado com cefeeiros submetido ao controle de plantas daninhas**. 2015. 65 p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2015.

SOUZA, E. S. et al. Effect of crusting on the physical and hydraulic properties of a soil cropped with Castor beans (*ricinus communis L.*) in the northeastern region of Brazil. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 141, n. 8, p. 55-61, Aug. 2014.

SPERAZZA, M.; MOORE, J. N.; HENDRIX, M. S. High resolution particle size analysis of naturally occurring very fine-grained sediment through laser diffractometry. **Journal Sedimentary Research**, McLean, v. 74, n. 5, p. 736-743, 2004.

VALENTIN, C.; BRESSON, L. M. Morphology, genesis and classification of surface crusts in loamy and sandy soils. **Geoderma**, Amsterdam, v. 55, p. 225-245, 1995.

VIDAL-VAZQUEZ, E. et al. Fractal dimensions and geostatistical parameters for soil microrelief as a function of cumulative precipitation. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 67, n. 1, p. 78-83, jan./fev. 2010.

YOSHIDA, S.; HALLETT, P. D. Impact of hydraulic suction history on crack growth mechanics in soil. **Water Resources Research**, Oxford, v. 44, n. 5, May 2008. Disponível em:  
<<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2007WR006055/full>>. Acesso em: 10 mar. 2016.

ZOLDAN JUNIOR, W. A. **Rugosidade superficial do solo ocasionada por uma operação de escarificação aplicada após cinco anos e meio de uso de sistemas de manejo do solo, e suas relações com a erosividade da chuva e erosão hídrica em um Nitossolo Háplico.** 2006. 100 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo)-Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2006.

**ANEXO A – COMANDO PARA GERAÇÃO DO SEMIVARIOGRAMA**

```
### Carregar imagens
library(jpeg)
img1 <- readJPEG("compact.jpg")
img2 <- readJPEG("notcomp.jpg")
### Mostrar imagens carregadas
image(img1) # to display the image
image(img2)

### ncol numero de colunas da imagem img1
### nrow numero de linhas da imagem img1
ncol <- dim(img1)[2]
nrow <- dim(img1)[1]

### Plota toda a coluna 1200 da imagem img1.
plot(1:nrow,img1[,1200]) # look at an example row
### Define uma funcao que so' faz a media de X de
### todos os valores menores a 0.2
meddk <- function(x) {return(median(which(x<0.2))) }
### Aplica a funcao meddk sobre img1 e img2
### e carrega em x1 e x2 respetivamente.
x1 <- apply(img1,2,meddk)
x2 <- apply(img2,2,meddk)
### Indicar onde vai salvar o PLOT
win.metafile("fig1.wmf")
### Faz um plot de x1 (media das linhas de x1)
plot(1:ncol,x1,pch=16,cex=0.4,col="red",ylim=c(50,301))
### Faz um plot de x2 (media das linhas de x2)
```

```
points(1:ncol,x2,pch=16,cex=0.4,col="green")
dev.off()
### defino uma variável nd=50, numero de
### pontos analisados
nd <- 10 # variogram for up separation of 10
### Criando 2 vetores vazios de 50 pontos.
xd1 <- rep(NA,nd) # to store the variogram
xd2 <- rep(NA,nd)
### Equacao do variograma de x1
for (i in 1:nd)
{
    x1d <- diff(x1,i)
    xd1[i] <- mean(x1d*x1d,na.rm=T)
}
### Equacao do variograma de x2
for (i in 1:nd)
{
    x2d <- diff(x2,i)
    xd2[i] <- mean(x2d*x2d,na.rm=T)
}
### Plot do variograma de x1 (desenhado cor vermelho com linhas)
### e um Plot do variograma de x2 (desenhado com cor verde e pontos )
win.metafile("fig2.wmf")
plot(1:nd,xd1,col="red",main="Variogram")
points(1:nd,xd2,col="green",pch=16)
dev.off()
```

**ANEXO B – TESTE *T DE STUDENT***

```
setwd ("E:\\Estatística\\27-06\\Dados estatísticos")
```

```
> red<-read.table("red.txt",h=T)
```

```
> green<-read.table("green.txt",h=T)
```

```
>
```

```
> dados<-data.frame(red,green)
```

```
> dados
```

	red	green
1	0.3077235	1.6777436
2	0.9376810	5.3363856
3	1.8939591	10.4622623
4	3.1492540	16.6529087
5	4.6854163	23.6948433
6	6.4736087	31.3998386
7	8.5100974	39.5295378
8	10.7789182	47.9564574
9	13.2727411	56.5809043
10	15.9746087	65.4375196
11	0.2926667	11.8824763
12	0.8623147	35.3148415
13	1.7471202	64.5636773
14	2.9149206	96.6658446
15	4.3340659	131.8116388
16	6.0098708	167.8140864
17	7.9213955	204.2062284

18	10.0376992	242.0516532
19	12.3511641	280.7807282
20	14.8399534	319.8972613
21	0.2107792	4.7355523
22	0.5753638	14.9259220
23	1.1376755	28.7406665
24	1.8889178	45.3944058
25	2.8024466	64.4624899
26	3.8889323	85.1692283
27	5.1195935	106.7646763
28	6.4847497	128.8308519
29	7.9803078	151.0660336
30	9.5935543	173.4325554
31	0.5161794	4.4599391
32	1.6789530	14.1710029
33	3.4166216	27.7492132
34	5.6288506	44.5201653
35	8.2447688	63.7293088
36	11.2440422	84.6010389
37	14.5689916	106.2391838
38	18.1884250	128.4770059
39	22.0477736	151.4147486
40	26.1204414	174.6621979
41	0.4475605	3.1133782
42	1.3815786	9.5115977
43	2.7705576	18.1909499

44	4.5427731	28.7073449
45	6.6891025	40.6139485
46	9.1521963	53.6083444
47	11.9023609	67.4079327
48	14.8978967	81.8202055
49	18.1256797	96.7343361
50	21.5411842	111.8370731
51	1.0262885	7.8926421
52	3.2081384	23.0832337
53	6.3519379	42.9599125
54	10.2562989	65.7743149
55	14.8424041	90.9192392
56	19.9748722	118.0061768
57	25.5856942	147.2438417
58	31.6029619	178.6520287
59	37.9339610	211.8006031
60	44.5582398	246.5373747
61	0.2798970	1.9491163
62	0.8044000	6.4883616
63	1.5921231	12.8045251
64	2.6215385	20.4268335
65	3.8693277	29.0461917
66	5.3085992	38.4600765
67	6.9256463	48.5431625
68	8.6936909	59.0207210
69	10.6030904	69.8392834



70	12.6327980	80.8978045
71	0.3489955	0.9171924
72	1.0701794	3.0239976
73	2.1913743	6.1540514
74	3.6844345	10.1642880
75	5.5168310	14.9697447
76	7.6561690	20.4947590
77	10.0839798	26.6932033
78	12.7752311	33.4468716
79	15.7020728	40.6844563
80	18.8338353	48.3592624
81	0.6125593	1.9921516
82	1.8487377	6.1337447
83	3.6019683	12.0438398
84	5.7354619	19.3605798
85	8.1436556	27.7380764
86	10.8262088	37.0447645
87	13.8336174	47.0477622
88	17.1085950	57.6543793
89	20.6050396	68.8119505
90	24.2974612	80.3609476
91	0.5287879	2.6881076
92	1.6284693	8.6724434
93	3.1679092	17.0986474
94	5.0960765	27.3494977
95	7.3679039	38.9241358

96	9.9610684	51.5691595
97	12.8452689	65.0294098
98	15.9847194	79.0722614
99	19.3672774	93.4619595
100	22.9683284	108.0271832
101	0.5514433	2.3892247
102	1.6837564	7.4821365
103	3.2976917	14.4230488
104	5.3414704	22.9858687
105	7.7611660	32.9177422
106	10.4392692	43.8044983
107	13.3106344	55.4404702
108	16.3897453	67.6704736
109	19.6462431	80.2026341
110	23.0629651	92.8696988
111	0.3989296	2.1780885
112	1.2345258	6.7299899
113	2.4879745	13.0805095
114	4.0993166	20.8944136
115	6.0298593	29.9305919
116	8.2465184	39.6983205
117	10.7093318	49.9796712
118	13.3954306	60.6401966
119	16.2769023	71.5311246
120	19.3321104	82.6752254

```
t.test(dados,var.equal=FALSE)
```

One Sample t-test

data: dados

$t = 10.597$ ,  $df = 239$ ,  $p\text{-value} < 2.2e-16$

alternative hypothesis: true mean is not equal to 0

95 percent confidence interval:

28.51922 41.54336

sample estimates:

mean of x

35.03129