



**FAPAC – FACULDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS
INSTITUTO TOCANTINENSE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS PORTO LTDA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

LORHAYNE WELL DE SOUZA ALMEIDA

**ESTUDO EXPERIMENTAL PARA MELHORIA DE SOLO ATRAVÉS DA ADIÇÃO
DE CINZA OU CASCA DE SOJA**

**PORTO NACIONAL – TO
2018**

LORHAYNE WELL DE SOUZA ALMEIDA

**ESTUDO EXPERIMENTAL PARA MELHORIA DE SOLO ATRAVÉS DA ADIÇÃO
DE CINZA OU CASCA DE SOJA**

Trabalho de Conclusão de Curso
submetido ao curso de Engenharia Civil do
Instituto Tocantinense Presidente Antônio
Carlos como requisito parcial para
obtenção do Grau de Bacharel em
Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Me. Alexandre Cerqueira
de Jesus

**PORTO NACIONAL – TO
2018**

LORHAYNE WELL DE SOUZA ALMEIDA

**ESTUDO EXPERIMENTAL PARA MELHORIA DE SOLO ATRAVÉS DA ADIÇÃO
DE CINZA OU CASCA DE SOJA**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao curso de Engenharia Civil do Instituto Tocantinense Presidente Antônio Carlos Porto Ltda, como requisito parcial para obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Apresentado em: ____/____/____ () APROVADA () REPROVADA

Banca examinadora constituída pelos professores:

Orientador: Prof. Me. Alexandre Cerqueira de Jesus

Examinador: Prof. Me. Flávio Vieira da Silva Júnior

Examinadora: Prof. Dr. Talita Caroline Miranda

RESUMO

Após a Conferência Rio – 92 os países se comprometeram a diminuir o impacto ambiental das suas atividades econômicas e consequentemente criarem uma perspectiva de crescimento sustentável. No Brasil, a cultura da soja vem aumentando a cada ano e por consequência aumentando o impacto direto na produção do resíduo sólido (casca) como fator contrário para o desenvolvimento sustentável. Por outro lado, a construção de aterros sanitários e de vias pavimentadas requer materiais com características específicas que muitas vezes não são encontrados na região onde está sendo construído, onerando o custo para realização destas obras. Desta forma propõe-se neste trabalho a utilização do resíduo *in natura* (casca) e em cinza ao solo, com o objetivo de melhorar as propriedades do solo, de modo que possa ser usado como reforço de subleito ou base para pavimentação, ou como capa ou base de aterros sanitários, atendendo as características mínimas exigidas por normas. A expectativa é que a partir desta pesquisa seja encontrado um uso viável da casca de soja, conduzindo a um menor impacto ambiental da produção da cultura da soja.

Palavras-chave: Geotecnia ambiental; Pavimentação; Melhoria do solo.

ABSTRACT

After the Rio - 92 Conference, countries committed themselves to reducing the environmental impact of their economic activities and consequently creating a sustainable growth perspective. In Brazil, soybean cultivation is increasing each year and consequently increasing the direct impact on the production of solid residue (bark) as an opposite factor for sustainable development. On the other hand, the construction of landfills and paved roads requires materials with specific characteristics that are often not found in the region where it is being built, thus burdening the cost to perform these works. In this work, the use of in-nature (bark) and ash in the soil is proposed in order to improve the soil properties, so that it can be used as soil reinforcement or base for paving, or as a cover or base of landfills, taking into account the minimum characteristics required by standards. The expectation is that from this research a viable use of the soybean hull will be found, leading to a lower environmental impact of the production of the soybean crop.

Keywords: Environmental geotechnics; Paving; Soil improvement.

LISTA DE ABREVIATURAS OU SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis

ASTM – American Society for Testing and Materials

CBR – California Bearing Ratio

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

CNT – Confederação Nacional do Transporte

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

IG – Índice de Grupo

MATOPIBA – região do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia.

NBR – Norma Brasileira

PEAD – Polietileno de Alta Densidade

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Crescimento ao longo dos anos da área de plantio de soja.....	11
Figura 2 - Corte da seção transversal de um aterro sanitário.....	13
Figura 3 - Camadas genéricas de um pavimento.....	19

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
2 OBJETIVOS	10
2.1 OBJETIVO GERAL	10
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	10
3 REFERENCIAL TEÓRICO	11
3.1 SOJA.....	11
3.1.1 Soja no Tocantins	12
3.1.2 Casca da soja	12
3.2 ATERRO SANITÁRIO	13
3.2.1 Impermeabilização do solo para aterro sanitário	14
3.3 PAVIMENTAÇÃO.....	17
3.3.1 Estrutura de um pavimento	18
3.3.2 Melhoramento das características do solo para a pavimentação	21
3.4 MELHORIA DOS SOLOS NÃO CONVENCIONAIS.....	21
4 METODOLOGIA.....	23
4.1 PREPARO E CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS	23
4.2 CARACTERIZAÇÃO DAS MISTURAS	25
4.3 ANÁLISE DOS DADOS EXPERIMENTAIS	26
5 ORÇAMENTO	27
6 CRONOGRAMA.....	28
7 RESULTADOS ESPERADOS.....	29
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	30

1 INTRODUÇÃO

Diante do contexto de preservação ambiental, o uso de materiais alternativos na construção civil tem assumido um papel de destaque. Diversos estudos pertinentes têm sido feitos. Isso porque as obras de engenharia costumam causar grandes impactos ambientais, utilizam muito material, e geram muitos resíduos.

Nesse contexto, têm surgido estudos para reaproveitamento de materiais, como os próprios resíduos da construção civil, ou até mesmo resíduos de outras atividades, como o uso da cinza da casca de arroz ao solo para estabilizá-lo. A importância desses estudos é tamanha, visto que a utilização de resíduos como materiais alternativos é uma prática sustentável e pode diminuir os custos das obras.

Em obras de engenharia é ideal que se utilize o solo local para diminuir os custos das obras, entretanto devido a diversidade de solos no Brasil, nem sempre o solo local atende as necessidades das obras.

A pavimentação, por exemplo, necessita de solos resistentes, e muitas vezes os solos locais não apresentam as características mínimas de acordo com as normas brasileiras para ser utilizado nas camadas do pavimento. Nos casos onde não é possível ou viável mudar o projeto para ser adequado ao solo local, é necessário fazer a compra de solos mais resistentes, porém isso encarece a obra, devido ao alto custo com o transporte. Outra alternativa é a estabilização do solo local, que pode ser feita com solo-cimento, solo-cal, entre outras. Essa estabilização se for feita com material alternativo, como a casca de arroz que possui pozolana em sua composição, diminui consideravelmente os custos da obra, visto que esse material é um resíduo.

Já em obras como aterros sanitários, a NBR 13896/1997 determina que haja um solo com permeabilidade inferior a 10^{-6} cm/s, ou seja, é preciso um solo pouco permeável, para que o fluxo de líquidos como o chorume não contamine o subsolo e os aquíferos. Porém, assim como na pavimentação, o solo nem sempre atende à essa necessidade. Nesse caso, pode ser feito o uso de geossintéticos, como o PEAD, porém este é um material caro. Outra alternativa a ser feita é a adição de materiais ao solo que o torne menos permeável, como é o caso da bentonita, um argilomineral que se expande em contato com líquidos, dificultando a percolação de líquidos.

Diante da necessidade de estabilização de solos como uma alternativa mais viável para atingir as características necessárias para obras como pavimentação

e aterros sanitários, propõe-se um estudo experimental com o uso da casca e da cinza da casca de soja ao solo, visando melhorar as características do mesmo.

Estima-se que na safra de 2016/2017, a produção de casca de soja foi em torno de 8,5 milhões de toneladas. Mesmo sendo aproveitada, de acordo com Bellaver e Snizek Junior (1999), para alimentação animal, como suínos e aves, ao ser utilizada na fabricação do farelo de soja, sabe-se que assim como todo resíduo, ela não é 100% reaproveitada, dessa forma torna-se um passivo ambiental.

Diante da alta produção desse resíduo, o presente estudo experimental busca sua utilização como material alternativo para ser utilizado em obras geotécnicas.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar se há uma melhoria das propriedades físico-mecânicas e hidráulicas do solo através da adição de casca e cinza da casca de soja.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Fazer a caracterização da casca e da cinza da casca de soja para utilização na construção civil, como material alternativo;
- Fazer a caracterização das misturas de solo com a casca de soja nas condições *in natura* e cinza;
- Verificar a alteração na resistência do solo, de modo que possa ser usado em camadas da pavimentação, através da adição da casca ou cinza da casca de soja;
- Avaliar o coeficiente de permeabilidade do solo com a mistura para utilização em aterros sanitários;
- Definir a relação solo/soja adequada para melhoramento das propriedades mecânicas e hidráulicas.
- Avaliar a toxidade do material lixiviado pela mistura solo - cinza

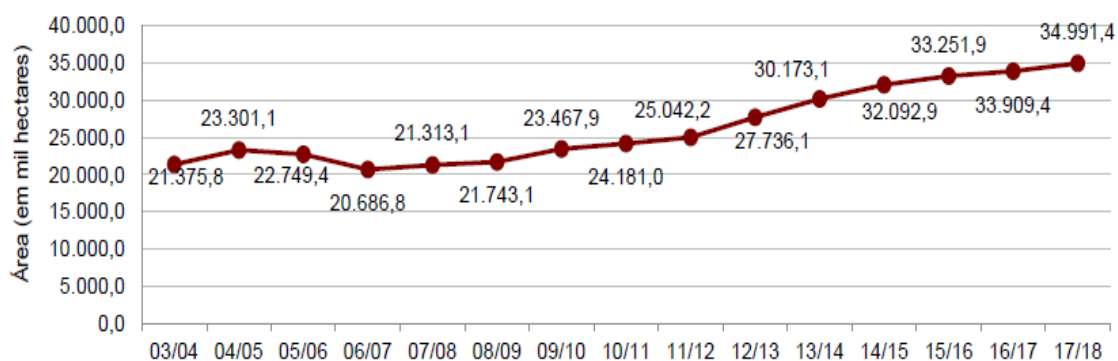
3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 SOJA

A soja é um grão que vem ganhando cada vez mais espaço na produção agrícola do Brasil e do mundo, sendo o Brasil, o segundo maior produtor mundial de soja (EMBRAPA, 2018).

Atualmente, a soja é a principal cultura cultivada no país, além de estar ocupando os lugares de outras culturas devido sua rentabilidade (CONAB, 2017). A figura 1 mostra o aumento da área de plantio de soja, onde é perceptível seu alto crescimento.

Figura 1 - Crescimento ao longo dos anos da área de plantio de soja.



Fonte: CONAB (2018).

No país, a soja é utilizada para alguns fins, como a produção de farelo muito utilizado na alimentação bovina, a produção de óleo de soja, e um fim que tem crescido bastante é na fabricação de biodiesel.

Em 2017 o Brasil produziu 4.291.294 m³ de biodiesel, e nos três primeiros meses de 2018 já houve uma produção de 1.128.529 m³. (ANP, 2018). Os valores são altos e apesar de utilizar outros materiais como a mamona e o girassol para essa produção, a soja também é bastante utilizada, onde de acordo com a Aprosoja Brasil (2018), mais de 80% da demanda de fabricação de biodiesel no país vem do óleo de soja.

3.1.1 Soja no Tocantins

Segundo EMBRAPA (2018), no Tocantins, pertencente ao MATOPIBA, a principal cultura cultivada concentra-se na soja.

Segundo Conab (2017, apud Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2017, p. 38), o maior estado brasileiro produtor de soja é o Mato Grosso, porém a produção está migrando para áreas do MATOPIBA, juntamente com Pará e Rondônia, com 13,2% da produção brasileira na safra 2016/17.

Já na produção de biodiesel que utiliza a soja, nos três primeiros meses de 2018 o Tocantins produziu 7.955m³ desse biocombustível, superando todo o ano de 2017 que produziu apenas 561m³, e toda essa produção é a partir da empresa Granol em Porto Nacional – TO (ANP, 2018).

3.1.2 Casca da soja

A casca da soja é o material que envolve o grão, obtido segundo Restle *et al.* (2004) na industrialização do grão, sendo dada como o resíduo da soja.

Considerando que a produção anual de soja no Brasil na safra de 2016/2017, foi de 113,923 milhões de toneladas de acordo com EMBRAPA (2017), estima-se que a produção da casca de soja foi em média pouco mais de 8,5 milhões de toneladas, visto que segundo Restle *et al.* (2004), 7 a 8% do peso de um grão de soja é somente da casca. Diante desse valor tão alto de produção de casca, a mesma torna-se um passivo ambiental.

De acordo com Pereira (2015), na produção do farelo e óleo de soja, sendo esse último usado para produzir biodiesel, em certos momentos é necessário que a casca seja retirada da soja junto ao processo, para que se atinja a porcentagem mínima de proteína. Por não ser sempre necessário, a casca da soja nem sempre é utilizada, e torna-se resíduo, entretanto pode ser utilizada também na alimentação de bovinos, assim como o farelo da soja.

Devido à intensa produção de soja no país, inclusive no estado do Tocantins, há uma consequência de uma alta produção de casca de soja, e apesar deste ser aproveitado para alimentação de bovinos, por exemplo, é interessante encontrar outro fim, pois assim como todo resíduo, ela não consegue ser 100%

reaproveitada, e quanto mais formas de reutilização, menor a quantidade de resíduo de soja no meio ambiente.

3.2 ATERRO SANITÁRIO

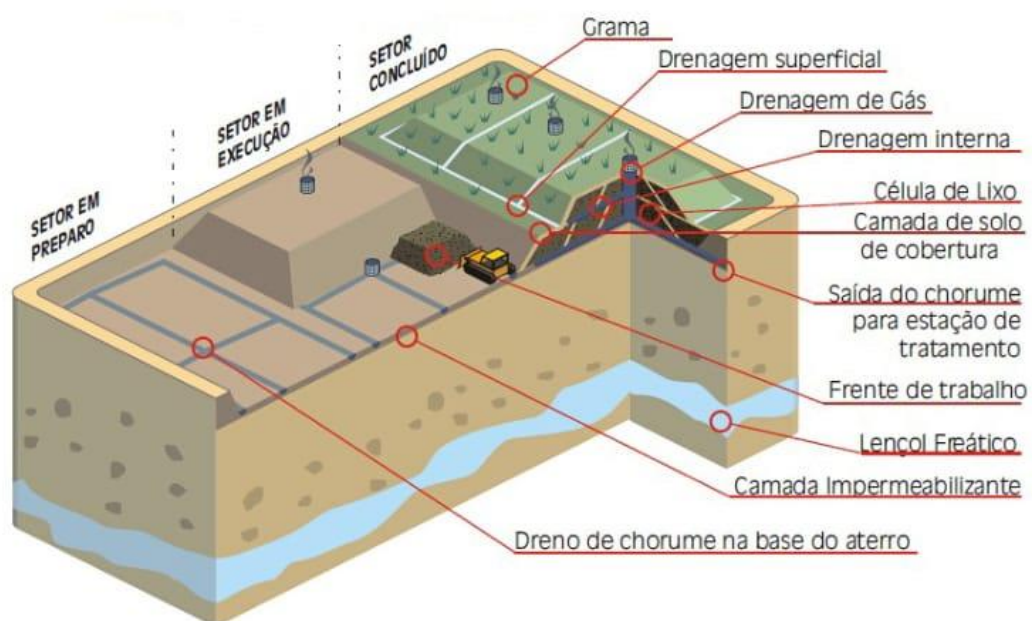
Segundo Elk (2007) o aterro sanitário é uma obra projetada para dispor os resíduos sólidos sem causar danos ao meio ambiente e à saúde pública.

A ABNT NBR 8419/1992, define da seguinte forma os aterros sanitários:

Técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos à saúde pública e à sua segurança, minimizando os impactos ambientais, método este que utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos à menor área possível e reduzi-los ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho, ou a intervalos menores, se necessário (1992, p.1).

Para Portella e Ribeiro (2014), o aterro sanitário é baseado em técnicas de impermeabilização do solo juntamente com técnicas para o lixo, de modo que evite aspectos negativos como a contaminação do lençol freático e riscos à saúde.

Figura 2 - Corte da seção transversal de um aterro sanitário.



Fonte: CONDER, 2010.

Assim como mostra a Fig. 2, o aterro sanitário é impermeabilizado, sendo que essa característica é que o faz ser uma opção menos agressiva ao meio ambiente, visto que locais de disposição de lixo como os lixões, agride diretamente o meio ambiente ao dispor inadequadamente o resíduo diretamente no solo, sem nenhuma preparação.

3.2.1 Impermeabilização do solo para aterro sanitário

A NBR 13896/1997 define a impermeabilização em aterros sanitários como as camadas naturais ou artificiais que diminua ou impeça a infiltração dos líquidos percolados no solo através dos resíduos.

Um aterro sanitário deve prover de impermeabilização no fundo e em suas laterais, de modo que proteja o solo e aquíferos da percolação do chorume, também chamado de lixiviado, pois este é prejudicial e poluidor. Segundo Lanza e Carvalho (2006), a camada de impermeabilização da base (fundo) deve separar o resíduo do subsolo, e impedir a contaminação do lençol freático e meio natural através das infiltrações tóxicas.

Segundo Lins *et al.* (2008), a impermeabilização do fundo, ou base, deve proteger a fundação do aterro da contaminação do subsolo e aquíferos através da percolação de chorume, por exemplo, ou gases.

De acordo com Elk (2007), a exigência mínima no Brasil para conter lixiviados é de uma camada no fundo e nas laterais podendo ser de argila compactada com permeabilidade inferior a 10^{-7} cm/s ou PEAD de pelo menos 1mm. Já a NBR 13896/1997 determina que haja um depósito natural e homogêneo de solo com um coeficiente de permeabilidade inferior a 10^{-6} cm/s.

A construção de um aterro sanitário deve dispor das seguintes condições: o índice de consistência deve estar entre 0,5 e 1,00 – média a dura, resistência à compressão simples entre 0,50 a 4,00kgf/cm², a granulometria deve ser de partículas passante pela peneira nº 200 da ASTM superior a 30%, o limite de liquidez igual ou maior que 30% e o índice de plasticidade igual ou maior a 15 (CETESB, 2005).

Segundo Portella e Ribeiro (2014), a primeira camada de impermeabilização do solo do aterro sanitário é de argila com baixa textura, compactada para redução de porosidade e aumento da capacidade

impermeabilizante, logo após é utilizado um lençol plástico e novamente uma camada de argila compactada.

Para Lins *et al.* (2008), a impermeabilização da base deve apresentar estanqueidade, durabilidade, resistência mecânica, resistência a intempéries e compatibilidade físico-química-biológico com os resíduos a serem aterrados. Ainda segundo o autor, dependendo da permeabilidade do solo local e da localização do lençol freático, pode ser preciso usar camadas de argila compactada e/ou geomembranas sintéticas, como o PEAD (geomembrana de polietileno de alta densidade) que tem sido muito usado em impermeabilizações de aterros, por apresentar resistência, durabilidade, além de ser compatível com uma grande variedade de resíduos.

3.2.1.1 Liners utilizados em aterros sanitários

Para Lukiantchuki e Esquivel (2006), liners são as barreiras impermeabilizantes com a função de minimizar ou evitar o fluxo de líquidos contaminados produzidos pela degradação dos resíduos dos aterros sanitários, essas barreiras evitam a contaminação do ambiente hidrogeológico subjacente.

Segundo Daniel (1993 apud Locastro e Angelis, 2016), os liners são classificados em grupos principais, com material argiloso em sua composição, são eles: naturais de argila, de argila compactada e de argila com geossintéticos.

Para Lins *et al.* (2008), o liner mais usado em aterros sanitários é o PEAD, que impermeabiliza e protege o solo. Segundo Locastro e Angelis (2016), algumas das impermeabilizações de base para aterros sanitários são: solo compactado, geossintéticos e bentonita.

3.2.1.1.1 Liner de solo compactado

Nesse liner utiliza-se somente solo compactado, sendo que este deve ser um solo pouco permeável, como argilas.

De acordo Lanza e Carvalho (2006), na impermeabilização da base com a argila, a compactação é um fator fundamental para um bom desempenho do sistema.

Para Araújo *et al.* (2016), o uso de solo compactado em aterros sanitários é uma alternativa viável, principalmente se comparado ao uso de geomembranas sintéticas, ou geossintéticos. Porém para Locastro e Angelis (2016), essa alternativa apresenta maior permeabilidade que liners com o uso de geossintéticos ou a combinação deste com solos.

3.2.1.1.2 Liner de Geossintéticos

A utilização de geossintéticos tem crescido em obras de engenharia, isso porque este apresenta baixa permeabilidade e alta resistência.

Para Locastro e Angelis (2016), altamente há vários tipos de geossintéticos, como: geomembranas, geotêxteis, geocompostos argilosos (GCL) e georredes, sendo que um exemplo básico de geomembrana é o PEAD, um dos principais geossintéticos utilizados em aterros. Esse material apesar de apresentar boas características, possui um valor elevado, dessa forma nem toda obra de aterro dispõe do mesmo.

3.2.1.1.3 Liner de Bentonita

De acordo com Farace, Silveira e Guedes (2016), bentonitas são argilominerais que controlam a permeabilidade através da hidratação, expansão e separação do espaço entre as partículas, dificultando o fluxo através da mesma. Ainda segundo o autor, a argila bentonítica atende aos critérios para impermeabilização de aterros sanitários, isso porque além de ter alta plasticidade, é pouco permeável devido a capacidade de expansão na presença de umidade, tornando-se uma boa alternativa para ser aplicada.

De acordo com Locastro e Angelis (2016), a adição de cerca de 4% de bentonita ao solo compactado, cria uma barreira de impermeabilização com um coeficiente de permeabilidade de 10^{-7} cm/s, dessa forma atende aos critérios necessários para aterros sanitários.

Segundo Lukiantchuki e Esquivel (2006), o uso de bentonita é comum em regiões onde o solo local não atende as necessidades de impermeabilização. Apesar

do PEAD apresentar melhores características para ser usado em aterro, a bentonita é mais viável.

3.2.1.1.4 Liners Alternativos

Além dos liners citados, pode ser usado em aterros sanitários como camada impermeabilizante o uso de solo cimento, que é a adição de cimento Portland e água ao solo local, e compactado. Isso porque o cimento é um material fino, e que ao reagir com a água torna-se resistente. Também pode ser feito a adição de cal ao solo, que de acordo com Sartori (2015), a cal torna o solo impermeável, e essa característica é essencial para aterros sanitários.

Entretanto há condições de se encontrar outras alternativas sustentáveis de materiais parecidos com o cimento, porém produtos de matérias primas que são passivos ambientais.

É possível que se encontre materiais alternativos, como tem surgido o uso da cinza da casca de arroz que possui pozolana em sua composição, onde segundo Klamt *et al.* (2016), a adição desse material promove resistência ao solo e aumenta o índice de vazios. Devido essa última característica o mesmo pode acabar não sendo uma boa alternativa para aterros sanitários, mas através de estudos pode-se encontrar outras adições que altere essa condição do índice de vazios, tornando mais viável a construção de aterros sanitários, visto que, por exemplo, a cinza da casca de arroz é um resíduo, um passivo ambiental, e sua utilização não gera grandes custos para uma obra, já que é um reaproveitamento de material.

3.3 PAVIMENTAÇÃO

De acordo com DNIT (2006), o pavimento é uma superestrutura da rodovia, constituído de camadas finitas, sob uma infraestrutura infinita chamada de subleito ou de terreno de fundação.

Senço (2007) também conceitua pavimento como uma estrutura construída após o terrapleno, destinada a:

- Resistir os esforços provenientes do tráfego e distribuí-los;

- Promover comodidade e conforto ao rolamento;
- Resistir a esforços horizontais, promovendo mais durabilidade a superfície de rolamento.

Ainda segundo DNIT (2006), os pavimentos podem ser classificados em: flexíveis, semi-rígido e rígido.

- Pavimento flexível – aquele que sofre como um todo deformação elástica diante de um carregamento aplicado, onde a carga é distribuída entre as camadas do pavimento;
- Pavimento semi-rígido – aquele que possui uma base cimentada, é como uma transição entre o flexível e o rígido;
- Pavimento rígido – seu revestimento é mais rígido que as outras camadas e absorve quase todas as tensões diante de um carregamento.

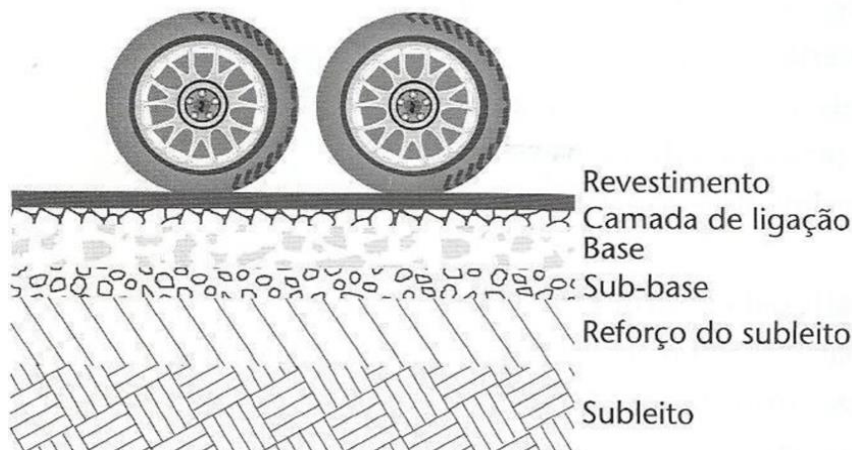
Nas rodovias brasileiras, o pavimento mais utilizado é o do tipo flexível, que apresenta uma estrutura maior, normalmente com várias camadas.

3.3.1 Estrutura de um pavimento

Segundo Senço (2007), um pavimento consta tipicamente uma fundação (subleito) e outras camadas com espessuras e materiais diversos, definidos por algum método de dimensionamento de pavimento.

Para Balbo (2007), de uma forma mais completa, o pavimento é composto, como mostra a Fig. 3, por: revestimento, base, sub-base, reforço do subleito e subleito, onde o reforço e a sub-base nem sempre são utilizados, dependendo das condições de cada caso.

Figura 3 - Camadas genéricas de um pavimento



Fonte: Balbo (2007).

3.3.1.1 Revestimento

De acordo com Senço (2007) é a camada mais impermeável e nobre do pavimento, que recebe os esforços do tráfego, com espessura entre 7,5 a 10,0 cm a depender do tipo de dimensionamento.

O revestimento é destinado a suportar as cargas e, ao mesmo tempo, proteger a base (CAPUTO,2012).

Para Balbo (2007), o revestimento possui duas camadas, a de rolamento (superfície) e a de ligação, onde essa última é o intermédio entre a superfície e a base do pavimento.

3.3.1.2 Base

A base é a camada abaixo do revestimento, que, segundo Caputo (2012), deve resistir as cargas e transmitir para o subleito, devendo ser construída com material resistente e com boa estabilidade.

Segundo Senço (2007), a base pode ou não ser complementada com outras camadas, como a sub base e o reforço do subleito, isso vai depender do material e dos esforços.

Segundo Balbo (2007) as bases podem ser compostas por solo estabilizado naturalmente ou quimicamente, brita graduada, entre outros.

DNIT (2006) determina que os materiais que constituem a base devem apresentar $\text{CBR} \geq 80\%$, $\text{expansão} \leq 0,5\%$, $\text{limite de liquidez} \leq 25\%$ e $\text{índice de plasticidade} \leq 6\%$.

A espessura dessa camada vai depender do tipo de dimensionamento adotado e do tipo de base.

3.3.1.3 Sub-base

A sub-base não é uma camada obrigatória, deve ser empregada quando a camada de base não for suficiente, quando não é viável somente a base, seja por economia ou outros fatores. Segundo Sartori (2015), é usada quando usar diretamente a camada de base não for uma boa opção.

Ainda segundo o DNIT (2006), a sub-base deve apresentar material com $\text{CBR} \geq 20$, $\text{IG}=0$ e $\text{expansão} \leq 1\%$.

3.3.1.4 Reforço do subleito

Assim como a sub-base, essa camada também não é obrigatória, é uma complementação do sub leito. Segundo Balbo (2007), o reforço é usado para que a fundação, ou o subleito, de qualidade inferior, receba as pressões de maior magnitude de modo que seja compatível com sua resistência. Ou seja, o reforço complementa o subleito, para que juntos resistam aos esforços.

Para os materiais dessa camada, DNIT (2006) determina que seu CBR deve ser maior que o do subleito e sua $\text{expansão} \leq 1\%$.

3.3.1.5 Subleito

Para Senço (2007), o subleito é o terreno da pavimentação. É o solo natural. Entretanto também precisa de requisitos mínimos, segundo DNIT (2006) deve ter um $\text{CBR} \geq 2\%$ e uma $\text{expansão} \leq 2\%$. Nos casos onde o subleito não possui essas características após sua compactação, utiliza-se o reforço do subleito.

3.3.2 Melhoria das características do solo para a pavimentação

No Brasil cerca de 60% dos transportes são feitos através de rodovias (CNT, 2018). E para proporcionar qualidade ao transporte, as rodovias necessitam ser pavimentadas, desse modo a pavimentação é muito importante para o desenvolvimento do país, e devido a extensão do Brasil e a diversidade de solos encontrados, nem sempre os solos locais atendem as necessidades mínimas para pavimentar, nesse caso é necessário utilizar solo de outros locais ou fazer a estabilização.

A estabilização de solo para rodovias consiste no melhoramento das características do solo, através de alguma adição. Para Sartori (2015), alguns métodos de estabilização em rodovias utilizados no país são: uso de cimento e uso de cal ao solo. Esses dois materiais melhoram as características mecânicas do solo, como a resistência, a plasticidade e a permeabilidade. Dependendo do custo com o transporte de um solo melhor, pode ser mais viável fazer o uso desses materiais para estabilizar o solo local.

Entretanto, através de estudos pode ser encontrado métodos alternativos, como a adição da cinza da casca de arroz, que por ter pozolana, promove resistência ao solo. Métodos alternativos sustentáveis são importantes para o futuro da pavimentação, isso porque ajuda o meio ambiente através do reaproveitamento de algum material, ao mesmo tempo que viabiliza a obra.

3.4 MELHORIA DOS SOLOS NÃO CONVENCIONAIS

Em obras de engenharia, é ideal que se utilize o solo natural, que existe no local da obra, isso porque torna a obra mais econômica, visto que não há gastos com a compra de solo que envolve o transporte que para algumas regiões as distâncias são grandes, e esses gastos costumam inviabilizar o projeto. Entretanto o solo é um material complexo e nem sempre atende as necessidades da obra, principalmente no quesito de resistência. Para isso torna-se necessário optar por alternativas viáveis, seja mudar o projeto para ser utilizado naquele determinado solo, seja a substituição do solo, ou seja, pela correção do solo, chamado de estabilização.

Nas obras de pavimentação, por exemplo, existe uma demanda muito grande de solo de boa qualidade, se o solo local não atender as necessidades, fazer uma correção pode ser uma boa alternativa, principalmente se usar um material econômico para estabilizar. Já em obras mais complexas como de aterro sanitário, necessita de solo pouco permeável para a redução do impacto ambiental, e para uma melhor segurança é bom que se use alternativas como a estabilização, e/ou o uso de mantas impermeáveis.

Specht (2000) relata que a melhoria dos solos para alterar positivamente as suas propriedades mecânicas é feita através de processos físicos ou químicos, visando o aumento da resistência e a diminuição da compressibilidade e permeabilidade. Para Vargas (1977 apud Specht, 2000, p. 7), o processo de estabilização permite que o solo tenha mais resistência as cargas ou a erosão, através de, por exemplo, adição de substâncias que promovem uma coesão.

De acordo com Senço (2001), a estabilização de um solo dá a ele as condições de resistência a deformações e ruptura enquanto o mesmo estiver sendo utilizado para atender as essas características.

Segundo Sartori (2015), existem três métodos de estabilização do solo, sendo: mecânico, granulométrico e químico. Para o autor a estabilização mecânica é a correção granulométrica do solo através da compactação; já a estabilização granulométrica é o método onde adiciona ou retira partículas de solo de modo que se enquadre dentro de uma faixa de granulometria, para isso utiliza-se um material ou a mistura de dois ou mais materiais; e a estabilização química consiste no uso de aditivos para alterar a estrutura do solo.

Para atingir um melhor resultado, é interessante utilizar uma combinação dos métodos, como por exemplo fazer uma estabilização físico-química. Para Brito e Paranhos (2017), a escolha do melhor método de estabilização do solo vai depender do tipo e das propriedades do solo usado, da utilização desse solo, das necessidades exigidas no projeto, além da viabilidade de todas as opções.

Em estabilização de solos é muito visto o uso de cimento e cal, além disso tem surgido o uso de cinza da casca de arroz por esta ter propriedades pozolânicas. Esse tipo de estabilização é a química, onde segundo Brito e Paranhos (2017) o solo tem sua estrutura alterada e passa a ter mais resistência, menos permeabilidade e compressibilidade.

4 METODOLOGIA

O presente programa experimental foi desenvolvido com o objetivo de avaliar a possível melhoria das propriedades físico-mecânicas e hidráulicas do solo através da adição de casca e cinza da casca de soja. Para alcançar esse objetivo, é essencial a realização de testes laboratoriais e análises dos mesmos.

São adotadas as seguintes variáveis de respostas para a avaliação do solo e da mistura: Índice de Plasticidade, Resistência Mecânica, Teor de Umidade Ótima, Massa específica seca Máxima, Coeficiente de permeabilidade, índice de grupo, CBR, Expansão. Além disso, é necessário encontrar um índice de lixiviação na mistura de solo-cinza, para avaliar se a mesma se torna um passivo ambiental.

O programa experimental será dividido em três etapas. A primeira fase está relacionada à caracterização do solo, da casca e da cinza da casca da soja. Na segunda etapa será realizado os estudos de misturas e a determinação das variáveis respostas, e por fim, a última etapa se caracteriza pela análise dos resultados de acordo com as normas pertinentes.

Todas as etapas visam determinar se a adição de casca ou cinza da casca de soja estabilize o solo para que este seja usado em pavimentação e/ou em aterros sanitários.

4.1 PREPARO E CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS

Será utilizado um solo tipo da região de Porto Nacional com características granulares. O solo deverá ser exposto a secagem ao ar e após sua uniformização do teor de umidade higroscópica serão realizados os ensaios.

A quantidade de solo utilizada vai depender do modo como esse material vai ser aproveitado para o ensaio, a princípio será coletado uma amostra de aproximadamente 100 quilos, que após ser seca e destorroada para fazer os ensaios, poderá diminuir seu peso e não aproveitar todo o material, necessitando ou não de mais.

Em relação a casca de soja será realizado a coleta de uma amostra de cerca de 50 quilos da casca da soja beneficiada. As amostras devem ser secas ao ar e após cerca de trinta horas, parte da amostra deverá ser queimada em uma mufla

com temperatura média de 550 °C, durante aproximadamente 6 horas. Esse procedimento se faz necessário para produção da cinza a partir da casca da soja. Caso as estimativas de quantidade de casca de soja, tempo de secagem e tempo de queima da casca não forem suficientes, poderão ser alteradas para que o objetivo principal da pesquisa seja alcançado.

Após os materiais preparados e misturados, será realizada a parte experimental, cujos ensaios são apresentados na Tabela 1 abaixo, com as respectivas normas ou procedimentos adotados e quantidade de amostras previstas para cada ensaio.

Tabela 1 – Relação dos Ensaios Experimentais para os materiais

Tipo	Característica Determinada	Método de Ensaio	Quantidade de tipo amostras
Solo	Caracterização Granulométrica	NBR 6457:2016 e NBR 7181:2016	1
	Massa Específica dos Sólidos	NBR 6458:2016	1
	Limites de Consistência	NBR 6459:2016 e NBR 7180:2016	1
	Densidade Máxima e Mínima	NBR 7182:2016	1
	Compactação do Solo	NBR 7182:2016 e NBR 6457:2016	1
	Ensaio de CBR	NBR 9895:2016	1
	Ensaio de Cisalhamento Direto	ASTM D3080	1
	Coeficiente de Permeabilidade	NBR 14545:2000	1
Casca de soja	Massa Específica dos Sólidos	NBR 6458:2016	1

Cinza da casca da Soja	Caracterização Granulométrica	NBR 6457:2016 e NBR 7181:2016	1
	Massa Específica dos Sólidos	NBR 6458:2016	1
	Limites de Consistência	NBR 6459:2016 e NBR 7180:2016	1

Fonte: Elaborada pela autora

Cada ensaio poderá ser repetido, para que possa ter mais precisão nos resultados. Os ensaios feitos com a casca e a cinza da casca de soja serão feitos de acordo com a mesma norma utilizada para o solo, visto que não existe norma específica para ensaiar esses materiais, entretanto caso haja um comportamento anômalo durante o ensaio, poderá ser feitas alterações no procedimento.

4.2 CARACTERIZAÇÃO DAS MISTURAS

Diante dos resultados obtidos na primeira etapa do programa experimental será realizado as misturas de cinza e casca de soja ao solo. Em um primeiro instante será realizado misturas com 5%, 10%, 20%, 25% e 30% para cada material (cinza e casca) em relação ao peso do solo. Se as porcentagens de cinza e casca de soja adotadas não forem suficientes ou forem mais que o necessário, outras estimativas poderão ser realizadas, a depender dos resultados.

As misturas serão homogeneizadas a seco e submetidas aos seguintes ensaios de acordo com suas respectivas normas, apresentados na Tabela 2 abaixo:

Tabela 2 – Relação dos Ensaios Experimentais para as misturas

Tipo	Característica Determinada	Método de Ensaio	Quantidade de tipo de amostras para cada mistura
Misturas	Compactação do Solo	NBR 7182/2016 e NBR 6457/2016	2
	Ensaio de CBR	NBR 9895/2016	2

Ensaio de Cisalhamento Direto	ASTM D3080	2
Coefficiente de Permeabilidade	NBR 14545/2000	2
Avaliação de Percolado (lixiviação)	NBR 10005:2004	2

Fonte: Elaborada pela autora

A norma utilizada para o ensaio de lixiviação é destinada a analisar resíduo sólido, entretanto será adaptada para análise do solo, visto que não existe norma brasileira pertinente para lixiviação em solo.

4.3 ANÁLISE DOS DADOS EXPERIMENTAIS

A partir das informações geradas pelos ensaios das misturas, como as características de resistência e permeabilidade, será feito uma análise por estatística da Ordem Descritiva avaliando principalmente o coeficiente da variação dos resultados e identificando dentro das propriedades chaves qual a melhoria das características do solo com a mistura.

Por fim será avaliado se a melhoria do solo foi adequada para ser utilizada na área de pavimentação de acordo com o órgão federal DNIT, ou para aterros sanitários de acordo com as determinações da NBR 13896/1997 e da CETESB.

Também serão comparados os resultados obtidos na pesquisa com resultados de trabalhos realizados por outros pesquisadores que utilizaram a casca (arroz e sorgo) para melhoria do solo.

5 ORÇAMENTO

Quadro 1 – Orçamento

Itens	Quantidade	Unidade	Valor Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)
Resma de Folha A4 - 500 Folhas	1	unidade	R\$ 22,90	R\$ 22,90
Insumos para ensaios laboratoriais	1	verba	R\$ 450,00	R\$ 450,00
Impressão Preto e Branco	100	unidade	R\$ 0,25	R\$ 25,00
Impressão colorida	30	unidade	R\$ 0,50	R\$ 15,00
Encadernação	3	unidade	R\$ 5,00	R\$ 15,00
Caneta	2	unidade	R\$ 1,20	R\$ 2,40
Gasolina	8	Litros	R\$ 4,60	R\$ 36,80
Total Geral				R\$ 565,10

Fonte: Elaborada pela autora

6 CRONOGRAMA

Quadro 2 – Cronograma

ATIVIDADE	ANO 2018											
	Meses											
	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
Escolha do tema e orientador												
Revisão de literatura												
Execução do projeto												
Defesa do projeto												
Coleta dos materiais para a pesquisa												
Preparo dos materiais												
Ensaaios laboratoriais												
Interpretação dos resultados dos ensaios												
Discussão dos dados												
Conclusão												
Redação final												

Fonte: Elaborado pela autora

7 RESULTADOS ESPERADOS

Com o desenvolvimento do estudo experimental através da adição de casca e cinza de casca de soja ao solo, a expectativa é que identificado os pontos positivos e negativos do uso de cada mistura (solo + casca e solo + cinza) possa ser estabelecido uma adequada utilização, seja como material de reforço da base ou material de cobertura de aterros compactados para aterros sanitários

Diante destes experimentos tem-se a também a incumbência de definir qual a porcentagem ideal da mistura (solo + casca) e (solo + cinza) adequada que atenda as características mínimas exigidas para ser usado seja como reforço do subleito, ou outras camadas de pavimentação, ou como material de base ou cobertura de aterros sanitários.

Além disso, espera-se que esse estudo experimental sirva de motivação para a adequada utilização da casca, deixando de se tornar um passivo ambiental e torna-se um subproduto da utilização da soja.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D3080**: Standard test method for direct shear test of soils under consolidated drained conditions. 1998.

ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Produção Nacional de Biodiesel Puro (metros cúbicos)**. 2018. Disponível em <www.anp.gov.br/dados-estatisticos>. Acesso em: 08 mai. 2018.

Aprosoja Brasil – Associação Brasileira dos Produtores de Soja. **Uso da Soja: uso diversificado – biodiesel**. Brasília – DF. Disponível em <<http://aprosojabrasil.com.br/2014/sobre-a-soja/uso-da-soja/>>. Acesso em: 08 mai. 2018.

ARAUJO, Pablo da Silva *et al.* **Análise da viabilidade do uso de solo como material impermeabilizante em aterros sanitários**. Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Ciências. 2016. Disponível em <http://www.editorarealize.com.br/revistas/conapesc/trabalhos/TRABALHO_EV058_MD1_SA85_ID2476_17052016225419.pdf>. Acesso em: 14 mai. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6457: Amostras de solo – Preparação para ensaio de compactação e ensaios de caracterização**. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6458: Grãos de pedregulho retidos na peneira de abertura 4,8 mm – Determinação da massa específica, da massa específica aparente e da absorção de água**. Rio de Janeiro, 2016, versão corrigida: 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6459: Solo – Determinação do limite de liquidez**. Rio de Janeiro, 2016, versão corrigida: 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7180: Solo – Determinação do limite de plasticidade**. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7181: Solo – Análise Granulométrica**. Rio de Janeiro, 2016, versão corrigida: 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7182: Solo – Ensaio de compactação**. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8419: Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos**. Rio de Janeiro, 1992, Versão Corrigida 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9895: Solo – Índice de suporte Califórnia – Método de ensaio**. Rio de Janeiro, 2016, versão corrigida: 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10005: Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólido.** Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13896: Aterros de resíduos não perigosos – Critérios para projeto, implantação e operação.** Rio de Janeiro, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14545: Solo – Determinação do coeficiente de permeabilidade de solos argilosos a carga variável.** Rio de Janeiro, 2000.

BALBO, José Tadeu. **Pavimentação Asfáltica: materiais, projetos e restauração.** São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

BELLAVER, Claudio; SNIZEK JUNIOR, PEDRO NESSI. **Processamento da soja e suas implicações na alimentação de suínos e aves.** Congresso Brasileiro de Soja, 1999, Londrina, Paraná. Anais... Embrapa Soja, 1999. Disponível em <<http://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=pc&id=439403&biblioteca=vazio&busca=autoria:%22BELLAVER,%20%20C.%22&qFacets=autoria:%22BELLAVE R,%20%20C.%22&sort=&paginacao=t&paginaAtual=2>>. Acesso em: 23 abr. 2018.

BRITO, Laís Costa; PARANHOS, Haroldo da Silva. **Estabilização de Solos.** Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Edição 06. Ano 02, Vol. 01. P 425-438, setembro de 2017. Disponível em <www.nucleodoconhecimento.com.br>. Acesso em: 23 fev. 2018.

CAPUTO, Homero Pinto. **Mecânica dos solos e suas implicações: Mecânica das Rochas – Fundações – Obras de Terra.** Vol.2, 6.ed., rev, e ampl., - [Reimp.]. – Rio de Janeiro: LTC, 2012.

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Procedimentos para implantação de aterro sanitário em valas.** Governo do Estado de São Paulo, Secretaria de Estado de Meio Ambiente. São Paulo, 2005. Disponível em <<http://www.unipacvaleadoaco.com.br/ArquivosDiversos/Manual%20de%20aterros%20em%20valas%20CETESB.pdf>>. Acesso em: 16 abr. 2018.

CNT – Confederação Nacional do Transporte. **Rodoviário.** Disponível em <<http://www.cnt.org.br/Modal/modal-rodoviario-cnt>>. Acesso em: 14 mai. 2018.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira: grãos. V.4 Safra 2016/17 – Oitavo levantamento.** Brasília, Maio 2017. Disponível em <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 23 abr. 2018.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira: grãos. V.5 Safra 2017/18 – Quarto levantamento.** Brasília, Janeiro 2018. Disponível em <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 22 abr. 2018.

CONDER – Companhia de Desenvolvimento Urbano do Estado da Bahia. **Manual de Operação de Aterros Sanitários.** Bahia, 2010. Disponível em <<http://www.unipacvaleadoaco.com.br/ArquivosDiversos/Cartilha%20Opera%C3%A7>>

%C3%A3o%20Aterro%20Sanit%C3%A1rio%20CONDER.pdf>. Acesso em: 16 abr. 2018.

DNIT – Departamento Nacional de InfraEstrutura de Transportes. **Manual de Pavimentação**. 3ed. – Rio de Janeiro, 2006. Disponível em <http://www1.dnit.gov.br/arquivos_internet/ipr/ipr_new/manuais/Manual%20de%20Pavimenta%E7%E3o_05.12.06.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2018.

ELK, Ana Ghislane Henrique Pereira van. **Mecanismo de desenvolvimento limpo aplicado a resíduos sólidos: redução de emissões na disposição final**. Coordenação de Karin Segala – Rio de Janeiro: IBAM, 2007. Disponível em <<http://cetesb.sp.gov.br/proclima/2007/05/23/reducao-de-emissoes-na-disposicao-final-mecanismo-de-desenvolvimento-limpo-aplicado-a-residuos-solidos/>>. Acesso em 16 abr. 2018.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Embrapa Soja: Soja**. Londrina – PR, 2018. Disponível em <<https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1>>. Acesso em: 14 mar. 2018.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Embrapa Soja: Soja em números (safra 2016/2017)**. Londrina – PR, 2017. Disponível em: <<https://embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>>. Acesso em: 20 fev. 2018.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Matopiba: produção de grãos**. Brasília, DF, 2018. Disponível em <<https://www.embrapa.br/tema-matopiba/sobre-o-tema>>. Acesso em: 15 mar. 2018.

FARACE, B. L.; SILVEIRA, F. M. R.; GUEDES, F. N. De J. **A argila bentonítica atuando como impermeabilizante em base de aterros sanitários**. Revista Engenharia de Interesse Social, v.1, n.1, 2016. Disponível em <<http://revista.uemg.br/index.php/reis/article/view/1439/956>>. Acesso em: 14 mai. 2018.

KLAMT, Rodrigo André *et al.* **Utilização de cinza da casca de arroz no melhoramento das propriedades mecânicas de um solo não laterítico da formação Botucatu**. XVIII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica – COBRAMSEG, 2016. Belo Horizonte, Minas Gerais, 2016. Disponível em <<https://ssl4799.websiteseuro.com/swge5/PROCEEDINGS/PDF/GJ-01-0004.pdf>>. Acesso em: 19 fev. 2018. **Utilização de cinza da casca de arroz no melhoramento das propriedades mecânicas de um solo não laterítico da formação Botucatu**.

LANZA, Vera Christina Vaz; CARVALHO, André Luciano de. **Orientações básicas para operação de aterro sanitário**. Fundação Estadual do Meio Ambiente. Belo Horizonte – MG, 2006. Disponível em <<http://www.feam.br/images/stories/arquivos/Cartilha%20Aterro2.pdf>>. Acesso em: 16 abr. 2018.

LINS, Cecília Maria Mota *et al.* **Resíduos Sólidos: projeto, operação e monitoramento de aterros sanitários - guia do profissional em treinamento: nível 2.** Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, Salvador – BA: ReCESA, 2008. Disponível em http://www.unipacvaledoaco.com.br/ArquivosDiversos/projeto_operacao_e_monitoramento_de_aterros_sanitarios.pdf. Acesso em: 23 abr. 2018.

LOCASTRO, João Karlos; ANGELIS, Bruno Luiz Domingos de. **Barreiras de impermeabilização: configurações aplicadas em aterros sanitários.** Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental. Santa Maria, v.20, n.1, 2016. Disponível em <https://periodicos.ufsm.br/reget/article/view/19963>. Acesso em: 14 mai. 2018.

LUKIANCHUKI, J.A.; ESQUIVEL, E. R. **Estudo do Emprego de Solo- Bentonita como Barreira Impermeabilizante em Aterros Sanitários.** Universidade de São Paulo, São Carlos, São Paulo, 2006. Disponível em <https://www.abms.com.br/links/bibliotecavirtual/Igeojovem2006/2006-lukiantchuki-esquivel.pdf>. Acesso em: 14 mai. 2018.

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Projeções de Agronegócios: Brasil 2016/17 a 2026/27 – Projeções de Longo Prazo.** Brasília – DF, Agosto de 2017. Disponível em www.agricultura.gov.br. Acesso em: 04 abr. 2018.

PEREIRA, Marco Antônio. **Cadeia produtiva do farelo de soja: um enfoque na produção nacional.** Universidade de Rio Verde, 2015. Disponível em <http://www.unirv.edu.br/conteudos/fckfiles/files/MARCO%20ANTONIO%20-%20CADEIA%20PRODUTIVA%20DO%20FARELO%20DE%20SOJA%20Um%20enfoque%20na%20producao%20nacional.pdf>. Acesso em: 14 mai. 2018.

PORTELLA, Márcio Oliveira; RIBEIRO, José Cláudio Junqueira. **Aterros sanitários: aspectos gerais e destino final dos resíduos.** Revista Direito Ambiental e sociedade, v.4, n.1, p. 115-134, 2014. Disponível em <http://www.uces.br/etc/revistas/index.php/direitoambiental/article/view/3687>. Acesso em 16 abr. 2018.

RESTLE, João *et al.* **Substituição do Grão de Sorgo por Casca de Soja na Dieta de Novilhos Terminados em Confinamento.** Revista Brasileira de Zootecnia. Sociedade Brasileira de Zootecnia, v.33, n.4, p. 1009-1015, 2004. Disponível em <http://www.scielo.br/pdf/rbz/v33n4/22097.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2018.

SARTORI, Guilherme. **Estudo de estabilização de solos para fins de pavimentação da região de Campo Mourão.** Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2015. Disponível em http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/6672/1/CM_COECI_2015_2_13.pdf. Acesso em 18 mar. 2018.

SENÇO, W. **Manual de Técnicas de Pavimentação.** 2ed. São Paulo: Editora Pini, 2007, v.1.

SPECHT, Luciano Pivoto. **Comportamento de misturas solo-cimento-fibra submetidos a carregamentos estáticos e dinâmicos visando a pavimentação.** Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2000. Disponível em <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/118555>>. Acesso em 18 mar. 2018.

ANEXOS