



**UNIVERSIDADE
ESTADUAL DO
MARANHÃO**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

GIOVANNY VICTOR FERREIRA MATOS

**UTILIZAÇÃO DE GEOCOMPOSTOS DRENANTES PARA DRENAGEM EM
CAMPOS DESPORTIVOS**

**São Luís - MA
2019**

GIOVANNY VICTOR FERREIRA MATOS

**UTILIZAÇÃO DE GEOCOMPOSTOS DRENANTES PARA DRENAGEM EM
CAMPOS DESPORTIVOS**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil como parte das exigências para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Ms. Daniel de Lima Nascimento Sório

São Luís – MA

2019

GIOVANNY VICTOR FERREIRA MATOS

**UTILIZAÇÃO DE GEOCOMPOSTOS DRENANTES PARA DRENAGEM EM
CAMPOS DESPORTIVOS**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil como parte das exigências para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em: 03/07/2019

BANCA EXAMINADORA:



Prof. Me. Daniel de Lima Nascimento Sírrio (Orientador)
Mestre em Engenharia Urbana
Universidade Estadual do Maranhão



Prof. Me. Rogério Frade da Silva Souza
Mestre em Sustentabilidade de Ecossistemas
Universidade Estadual do Maranhão



Profa. Esp. Carmen Lúcia Bentes Bastos
Especialista em Engenharia de Qualidade
Universidade Estadual do Maranhão

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu pai, João Matos, à minha mãe, Roseane Ferreira, aos meus irmãos, Joane e João Victor, e a toda minha família que estiveram ao meu lado e me apoiaram em todos os momentos até aqui.

Agradeço à minha namorada, Patrícia, que me apoiou, incentivou e não mediu esforços para me ajudar durante todo período de elaboração desse trabalho. Obrigado por estar sempre ao meu lado, sem você seria muito mais complicado.

RESUMO

A drenagem é de fundamental importância para realização de jogos em campos de futebol. São diversas as consequências geradas por uma chuva intensa, bem como o alagamento, impossibilidade da realização da partida, danos a qualidade da grama. Em adição, um campo encharcado gera prejuízos a saúde do atleta. Existem duas formas de drenagem: superficial e subsuperficial, ambas possuem grande relevância para sistemas de drenagem nos campos desportivos. Neste trabalho, apresentaremos duas formas de sistemas drenantes para campos de futebol: o sistema convencional utilizado na maioria dos campos brasileiros, de brita e geotêxtil, e o sistema com geocomposto drenante, retratando uma comparação técnica e econômica, mostrando a viabilidade de cada sistema no campo da Associação de Professores da Universidade Estadual do Maranhão (APRUEMA), localizado no Campus Paulo VI, da UEMA.

Palavras chave: Drenagem. Geocomposto. Campos de futebol.

ABSTRACT

Drainage is very important for playing football games. There are several consequences caused by heavy rain, as well as flooding, impossibility of performing the match, damage to the quality of the grass. In addition, a soggy field breeds athlete's health. There are two forms of drainage: superficial and subsurface, both of which have great relevance for drainage systems in sports fields. In this work, we will present two forms of drainage systems for soccer fields: the conventional system used in most brazilian fields of gravel and geotextile, and the system with drainage geocomposite, depicting a technical and economic comparison, showing the feasibility of each system in the field of the Associação de Professores da Universidade Estadual do Maranhão (APRUEMA), located in Campus Paulo VI, UEMA.

Keywords: Drainage. Geocomposite. Football fields.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Jogo do Sampaio Corrêa e Avaí adiado por conta da chuva	11
Figura 2 – Declividade em campo de futebol	19
Figura 3 – Valeta	20
Figura 4 – Sarjeta	21
Figura 5 – Saída d'água	21
Figura 6 – Descida d'água	22
Figura 7 – Dissipador de energia	22
Figura 8 – Tipos de drenagem superficial, quanto ao nível do terreno e o nível do recipiente de descarga	25
Figura 9 – Sistema de drenagem superficial em paralelo	26
Figura 10 – Sistema de drenagem superficial casualizado	26
Figura 11 – Sistema transversal de drenagem superficial	26
Figura 12 – Drenos profundos	28
Figura 13 – Dreno espinha de peixe	29
Figura 14 – Colchão drenante de geotêxtil	29
Figura 15 – Valetão lateral	30
Figura 16 – Drenos Sub-horizontais	30
Figura 17 – Dreno do tipo toupeira	31
Figura 18 – Tipos de dreno em um sistema espinha de peixe	34
Figura 19 – Sistema de drenagem subsuperficial de alívio	36
Figura 20 – Sistema de drenagem subsuperficial de interseção	36
Figura 21 – Sistema de saída por gravidade	37
Figura 22 – Sistema de saída por bombeamento	38
Figura 23 – Perfil do solo em um campo de futebol com drenagem convencional	39
Figura 24 – Geotêxtil de separação	42
Figura 25 – Geotêxtil de reforço	42
Figura 26 – Geotêxtil de proteção	43
Figura 27 – Geotêxtil de filtração	43
Figura 28 – Geotêxtil de drenagem planar	44
Figura 29 – Sistema de drenagem com geocomposto drenante	46
Figura 30 – Campo de futebol Apruema via satélite	49

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 Justificativa.....	12
2 OBJETIVOS	13
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
3.1 Qualidade da Grama.....	14
3.2 Características do <i>Topsoil</i>	15
3.3 Características dos Drenos.....	15
3.4 Método Racional.....	15
3.5 Equação de Chuva.....	16
3.5.1 Tempo de concentração.....	17
3.6 Drenagem do excesso de água.....	18
3.7 Lei de Darcy.....	19
3.8 Drenagem Superficial.....	19
3.8.1 Dispositivos de Drenagem Superficial.....	20
3.8.1.1 Valetas.....	20
3.8.1.2 Sarjetas.....	21
3.8.1.3 Saídas d'água.....	21
3.8.1.4 Descidas d'água.....	22
3.8.1.5 Dissipadores de energia.....	23
3.8.2 Drenagem superficial nos campos de futebol.....	23
3.8.3 Tipos de Drenagem Superficial.....	24
3.8.4 Disposição dos canais.....	25
3.8.4.1 Sistema em paralelo.....	25
3.8.4.2 Sistema Casualizado.....	26
3.8.4.3 Sistema transversal.....	26
3.8.5 Preparo do Solo.....	27
3.9 Drenagem Subsuperficial.....	27
3.9.1 Dispositivos de drenagem subsuperficial.....	28
3.9.1.1 Drenos profundos.....	28
3.9.1.2 Drenos espinhas de peixe.....	29
3.9.1.3 Colchão drenante.....	29
3.9.1.4 Valetão lateral.....	30
3.9.1.5 Drenos Sub-horizontais.....	30
3.9.2 Tipos de dreno.....	31
3.9.3 Filtro.....	34
3.9.4 Sistemas de Drenagem Subterrânea.....	36
3.9.4.1 Sistema de drenagem de alívio.....	36
3.9.4.2 Sistema de drenagem de interseção.....	36
3.9.5 Sistema de Saída.....	37
3.9.5.1 Sistema de saída por gravidade.....	37
3.9.5.2 Sistema de saída por bombeamento.....	38
3.9.6 Construção do Sistema de Tubos Subterrâneos.....	38
3.10 Sistema Convencional de Drenagem em Campos Desportivos.....	39
3.11 Geossintéticos.....	40
3.11.1 Separação.....	41
3.11.2 Reforço.....	42
3.11.3 Proteção.....	42
3.11.4 Filtração.....	43
3.11.5 Drenagem Planar.....	43

3.11.6 Aplicações dos geotêxtis	44
3.12 Sistema com Geocomposto	45
3.13 Equação de Manning	46
3.14 Fórmula de Hooghoudt	47
4 METODOLOGIA	49
4.1 Área estudada	49
4.2 Grama.....	49
4.3 <i>Topsoil</i>	50
4.3.1 Permeabilidade do <i>topsoil</i>	50
4.4 Tempo de concentração	50
4.5 Intensidade de chuva	50
4.6 Dreno.....	50
4.7 Método Racional	50
4.8 Drenagem Superficial	51
4.9 Drenagem subsuperficial.....	51
4.9.1 Sistema Convencional	51
4.9.2 Sistema com Geocomposto Drenante	52
4.10 Custos do Sistema Convencional	53
4.10.1 Custo com mão de obra	53
4.10.2 Custo com material.....	53
4.11 Custos do Sistema com geocomposto drenante	53
4.11.1 Custo com mão de obra	53
4.11.2 Custo com material.....	53
5 RESULTADOS.....	54
5.1 Permeabilidade do <i>topsoil</i>	54
5.2 Tempo de concentração	54
5.3 Intensidade de chuva	54
5.4 Método racional	55
5.5 Drenagem Subsuperficial.....	55
5.5.1 Sistema convencional	55
5.5.2 Sistema com geocomposto drenante	56
5.6 Custos sistema convencional.....	58
5.6.1 Custo com mão de obra	58
5.6.2 Custo com material.....	58
5.7 Custos sistema com geocomposto drenante.....	59
5.7.1 Custo com mão de obra	59
5.7.2 Custo com material.....	60
6 CONCLUSÃO	61
REFERÊNCIAS	63

1 INTRODUÇÃO

Presente em todas as regiões do Brasil, o futebol requer algumas necessidades para boa prática do esporte. Uma boa qualidade do gramado, e uma drenagem adequada são fundamentais para a realização de um grande jogo, tanto no âmbito profissional quanto no âmbito amador. Caso esses dois principais fatores não estiverem em boas condições, os atletas estarão expostos a lesões, além é claro do prejuízo gerado à qualidade do espetáculo.

A drenagem é o escoamento da água em um determinado terreno por meio de equipamentos como tubos, canos, valas, visíveis ou não visíveis. Portanto, a função do sistema de drenagem em um campo de futebol é escoar as águas pluviais a fim de que elas não atrapalhem o andamento da partida. Santos (2016), afirma que a drenagem deve ser considerada como um dos fatores mais importantes para um campo de futebol, tanto para questões imediatas como a realização de jogos em dia de chuva, como para questões de longo prazo, a exemplo da manutenção da qualidade do campo.

Para projetar um sistema de drenagem de qualidade devem ser observados alguns fatores com atenção. A verificação das condições climáticas é o principal fator para o dimensionamento, além também da temperatura, índice de chuvas e umidade. Outro aspecto, é o topográfico, relevo, tipo de solo e inclinações. O tipo de grama é outro fator importante, bem como a camada de solo que fica logo embaixo dela chamada *topsoil*. Estudando todos esses pontos pode-se criar um sistema adequado de drenagem.

Além das principais vantagens que um bom sistema de drenagem proporciona, que é a do esporte praticado no gramado. Ele possui outras vantagens que também são essenciais para o andamento da partida e para a sustentabilidade do estádio. Permite o reaproveitamento da água da chuva, onde a água que infiltra no gramado pode ser desviada para outros locais do estádio, pode ser utilizada para irrigação, que também é outro ponto importante para qualidade da grama. Além de preservar os nutrientes do solo, mantendo o campo em boas condições por mais tempo, diminuindo a manutenção e reduzindo também a erosão do solo.

Problemas de drenagem ocorrem diversas vezes no Brasil em jogos oficiais. Como aconteceu no ano de 2014, em uma partida de futebol entre Sampaio Correa e Avaí, realizada no estádio do Castelão, em São Luís, Maranhão, onde uma chuva na cidade interrompeu a

partida, fazendo com que o jogo fosse adiado. Abaixo na Figura 1 está uma ilustração da condição do gramado nessa partida.

Figura 1 – Jogo do Sampaio Corrêa e Avaí adiado por conta da chuva



Fonte: Globoesporte (2014)

Existe um tópico muito importante a ser observado com relação a eficiência do sistema drenante. Drenagens de alta efetividade podem trazer problemas, principalmente para estádios de grama natural, pois dessa forma toda água seria drenada fazendo com que a grama permaneça desidratada, especialmente nos períodos de estiagem. Isso faz com que a demanda de irrigação aumente, e conseqüentemente o aumento dos custos em manutenção.

Uma boa drenagem não é uma característica exclusiva para o futebol, outros esportes também se beneficiam desse fator, como o golfe, beisebol, hóquei na grama, futebol americano, dentre outros. Pioneiros em melhorar o manejo dos gramados, o golfe estabeleceu tecnologias inovadoras, e o Brasil não ficou para trás, também observando novas formas para melhorar a qualidade desses esportes praticados no país. Dentre essas novas tecnologias, está a utilização de geocompostos drenantes. Esses produtos são formados pela junção de dois ou mais geossintéticos. Segundo Koerner (1998), o geossintético é um produto fabricado a partir de um polímero usado como solo, rocha ou terra como parte integrante de um projeto, estrutura ou sistema feito pelo homem. Essa nova tecnologia já é utilizada em alguns gramados brasileiros, o principal deles é a Arena da Baixada, casa do Atlético Paranaense.

A utilização do geocomposto drenante funciona tanto para campos de grama natural, quanto para campos de grama sintética. O material é caracterizado por um material leve

e flexível, de núcleo drenante formado por uma geomanta tridimensional com mais de 90% de vazios. O núcleo é termoligado a dois geotêxtis não tecidos em determinados pontos de contato, sendo um dos geotêxtis permeável e o outro laminado, com baixa permeabilidade. Os geotêxtis saem 10 centímetros além do núcleo nas laterais do geocomposto com o objetivo de garantir uma continuidade do sistema nas juntas e permitir a execução das sobreposições. Tais características permitem a captação e condução da água em uma só direção, permitindo boa qualidade ao jogo e à prática esportiva.

Esse tipo de tecnologia pode ser utilizado como colchão drenante ou como trincheira drenante. De acordo com a característica do gramado e da região é escolhida uma das duas maneiras. O geocomposto é comercializado pela empresa *Maccaferri*, e faz parte da linha *MacDrain*®¹.

1.1 Justificativa

O sistema convencional de drenagem na grande maioria dos estádios brasileiros é formado por um dreno envolto a um geotêxtil coberto com brita. Tal método apresenta algumas dificuldades, por ser feito com brita, faz-se necessário um transporte adequado e a disponibilidade da região. Além disso, devem ser verificadas algumas propriedades importantes como, umidade, granulometria, dentre outras, sendo que estas características devem estar totalmente de acordo com o projeto de drenagem.

A nova alternativa que será estudada substitui a brita do sistema convencional, por um geocomposto drenante específico para drenagem em campos de futebol. São muitas as vantagens que esse novo sistema tem em relação ao sistema anterior, pois o geocomposto não precisa de um transporte específico, por conta de ser leve e flexível, facilitando a entrada em locais de difícil acesso. Além de o sistema com geocomposto possuir uma vazão superior ao sistema de brita e geotêxtil, melhorando a drenagem do campo.

Com relação à instalação, o novo sistema apresenta algumas vantagens, pois por ser leve e flexível, possui uma pequena espessura de dez milímetros, garantindo uma facilidade construtiva, diminuindo o tempo de instalação. A mão de obra é reduzida comparada ao sistema antigo, além de não precisar ser especializada. Todos esses benefícios garantem uma redução

¹ maccaferri.com/br/

do custo da obra, além de otimizar o tempo, permitindo que o campo seja utilizado pouco tempo após a instalação.

2 OBJETIVOS

Objetivo Geral

- Estabelecer uma comparação técnica e construtiva entre os sistemas de drenagem no campo da APRUEMA, localizado no Campus Paulo VI, em São Luís - MA.

Objetivos Específicos

- Estudar os sistemas de drenagem em campos desportivos.
- Dimensionar um sistema de drenagem com geocomposto drenante passível de se aplicar, com viés tecnicamente viável, no campo da Apruema.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A origem da drenagem remonta-se a antiguidade, Herodotus, 400 anos a.C, se refere a ela no Vale do Nilo e escritores romanos citam sua prática no antigo Oriente e já na antiguidade, além do uso de valas abertas, o de condutos formados de pedras, madeira e faxina. Segundo o Autor, após um certo tempo, na Europa, tornou-se o uso de telhas fabricadas manualmente e, em 1843, inventou-se uma máquina para fabricação de tubos de barro, e no fim do sec. XIX, houve o aperfeiçoamento das máquinas escavadoras, impulsionando a drenagem (DAKER, 1984).

O sistema de drenagem em campos esportivos, é de fundamental importância para qualidade do gramado e andamento do esporte que está sendo realizado. O Autor afirma que uma drenagem de qualidade permite a realização de jogos em dias de chuva e até mesmo a longo prazo, mantendo o campo em boas condições, diminuindo assim o custo com manutenção (OLIVEIRA, 2011).

O campo de futebol possui algumas camadas, a primeira camada e a mais superficial é a própria grama. De acordo com o Autor após a grama existe uma camada chamada de *topsoil*, que é geralmente composta por areia, logo depois do *topsoil*, existe a camada de brita com os drenos, caso o campo seja com sistema convencional, ou a camada pode ser feita por geocomposto drenante e os tubos (SANTOS, 2016).

3.1 Qualidade da Grama

Cada uma das camadas apresentadas possuem sua importância no sistema de drenagem, a grama deve ser bem escolhida e analisada, pois ela deve permitir o escoamento adequado evitando a formação de poças. Além disso, o Autor afirma que ela deve estar bem cuidada e nutrida, pois caso não esteja a quantidade de água infiltrada no solo aumenta, bem como a sua altura deve estar adequada, pois também influencia na infiltração e percolação da água (SANTOS, 2016). Cada espécie possui um grau de tolerância ao excesso de água, portanto, esta deve ser bem escolhida de acordo com a necessidade da região (MILLAR, 1978).

Um tipo de grama que vem sendo utilizada ultimamente, é a grama sintética, pois a sua manutenção é menor e sua durabilidade é maior, além de possuir características que evitam

danos de uso e auxiliam no amortecimento de impactos e melhor rolamento da bola (OLIVEIRA, 2011).

3.2 Características do *Topsoil*

O *topsoil* é a camada que fica logo abaixo do gramado. De acordo com o Autor, essa camada requer uma atenção especial, pois a partir dela começa a drenagem do campo, logo ela deve estar muito bem elaborada, bem como a sua composição que é geralmente de uma mistura de areia e matéria orgânica, sua espessura pode variar de 20 a 30 centímetros, sendo de fundamental importância para vegetação (SANTOS, 2016).

Santos (2016) afirma que a correta mistura de areia e matéria orgânica é o ideal para uma boa drenagem do solo, pois dessa forma ele irá reter umidade e os nutrientes necessários ao crescimento e fortalecimento da grama. O Autor ainda afirma que a composição ideal para a elaboração do *topsoil* está entre 80% a 90% de areia média e 10% a 20% de matéria orgânica. Todas essas características devem estar em total acordo, pois a permeabilidade do *topsoil* é crucial para o bom funcionamento de todo sistema de drenagem (SANTOS, 2016).

3.3 Características dos Drenos

A última camada é a camada dos drenos. Independentemente do tipo de sistema de drenagem, nessa camada os drenos devem estar corretamente dimensionados, para suportar a vazão que chega nele. Além disso, segundo o Autor caso seja feita com brita, o tipo de brita também influencia, portanto ela deve ser muito bem escolhida e instalada, e caso seja com geocomposto, deve ser observado se vazão dele tem capacidade para suportar a vazão que chega na camada (SANTOS, 2016).

3.4 Método Racional

O método racional relaciona a chuva com o escoamento superficial. De acordo com o Autor, ele foi apresentado pela primeira vez em 1851 por Mulvaney, nos Estados Unidos foi usado em 1889 por Emil Kuichiling (TOMAZ, 2013).

Segundo Tomaz (2013), sua função é calcular a vazão de uma determinada bacia, considerando uma seção de estudo. Esse método também pode ser chamado de Método Lloyd-Davies, pois Lloyd-Davies fez um método semelhante na Inglaterra em 1850 (TOMAZ, 2013).

A sua fórmula é representada por (TOMAZ, 2013):

$$Q = C \times I \times A$$

Onde:

Q – Vazão de contribuição (m³/s);

C – Coeficiente de escoamento superficial (depende do local onde a água está escoando);

I – Intensidade de chuva (mm/h);

A – Área da bacia (ha).

O método racional deve ser aplicado somente para bacias com área inferior a 300 hectares, ou quando o tempo de concentração for inferior a uma hora (TOMAZ, 2013).

De acordo com Tomaz (2013), esse método possui três hipóteses:

- Toda bacia contribui com o escoamento superficial e por isso que o tempo de duração da chuva deve ser igual ou exceder ao tempo de concentração da bacia;
- A chuva é distribuída uniformemente em toda área da bacia;
- Todas as perdas são incorporadas ao coeficiente de escoamento superficial.

O coeficiente de escoamento “C”, pode ser chamado também coeficiente de deflúvio. De acordo com o Autor, ele é a razão entre o volume total de escoamento superficial do evento e o volume total precipitado (TOMAZ, 2013). Para determinar esse coeficiente utiliza-se da equação de Schueler (1987).

$$C = 0,05 + 0,009 \times AI$$

Entretanto, já existem tabelas nas quais esses coeficientes já são pré-determinados, não sendo necessário fazer o cálculo acima. Essas tabelas são apresentadas no Manual de Drenagem de Rodovias do DNIT (2006).

3.5 Equação de Chuva

A caracterização das precipitações é feita através da sua duração, intensidade e frequência (período de retorno). Essa relação é chamada de curvas Intensidade-Duração-Frequência (IDF). Essa curva transforma a chuva em vazão (DAMÉ; TEIXEIRA; TERRA;

2008). Além desses três fatores a equação também depende de parâmetros, amplamente estudados, que variam de região para região, e são ajustados por meio de regressão linear com base em valores extraídos de séries de dados pluviométricos (CAMPOS *et al*, 2014).

No Brasil os primeiros estudos acerca da equação da chuva, foi desenvolvido por Pfaffsteter (1957) e Dernandin e Freitas (1982), onde foram utilizadas 80 estações distribuídas em todo país. No Maranhão, estudos realizados por Campos (2015) e Costa (2007), determinaram equações de chuva para diversos municípios do estado.

A equação é dada por:

$$i = \frac{K \times Tr^a}{(t + b)^c}$$

Onde:

i – Intensidade da chuva;

Tr – Tempo de Retorno;

t – Tempo de concentração;

K, a, c, b – Parâmetros adotados de acordo com a localidade.

Segundo Tomaz (2013) o tempo de concentração é o tempo que leva uma gota de água mais distante até o trecho considerado na bacia. O tempo de retorno é a variável utilizada para avaliar eventos extremos. Ele é a estimativa de tempo em que um evento é igualado ou superado, é expresso em anos (COLLISCHONN, 2013).

3.5.1 Tempo de concentração

Ao longo de toda história foram desenvolvidas diversas fórmulas para determinação do tempo de concentração para diversas áreas de bacia (TOMAZ, 2013). Para o presente trabalho será apenas estudada a equação de Kerby, desenvolvida por ele em 1959, essa equação é utilizada para bacias muito pequenas, onde há predominância de escoamento superficial. A equação é representada por:

$$tc = 1,44 \times \left(\frac{r \times L}{S^{0,5}}\right)^{0,467}$$

Onde:

r – coeficiente de rugosidade de retardação;

L – Comprimento do ponto mais distante, medido paralelamente a declividade até o ponto a ser alcançado;

S – Declividade.

Para o coeficiente de rugosidade é utilizada um quadro disponibilizado por Tomaz (2013), apresentada a seguir:

Quadro 1 – Coeficiente de rugosidade de retardo

Tipo de solo	Coeficiente de rugosidade de retardo r
Pavimentos lisos	0,20
Gramado ralo	0,30
Gramado médio	0,40
Gramado denso	0,80

Fonte: Tomaz (2013)

3.6 Drenagem do excesso de água

No princípio da chuva a maior parte da água fica retida pela cobertura vegetal, com o aumento da precipitação a superfície do solo se cobre com uma lâmina de água chamada detenção superficial, quanto mais aumenta a quantidade de chuva, essa lâmina aumenta formando as poças que podem ser facilmente vistas nos campos de futebol brasileiros, e a movimentação da água de acordo com a inclinação é chamado escoamento superficial (MILLAR, 1978).

Campos de futebol, bem como solos que possuem grande quantidade de água, apresentam dificuldades na aeração, pois a água passa a ocupar os vazios. Além disso, o Autor afirma que a falta de aeração reduz a taxa de oxigênio, fazendo com que a durabilidade da grama diminua, aumentando a quantidade de manutenção e diminuindo seu intervalo de tempo (MILLAR, 1978).

O excesso de água também permite que os lençóis freáticos permaneçam próximos a superfícies. Tal situação, segundo o Autor, faz com que seja necessária uma drenagem que promova o rebaixamento desse lençol, melhorando as condições de aeração, e consequentemente a qualidade do gramado, bem como diminuição no tempo de manutenção (MILLAR, 1978).

3.7 Lei de Darcy

Segundo Caputo (1988), “o conhecimento da permeabilidade de um solo é de importância em diversos problemas de engenharia, tais como: drenagem, rebaixamento do nível d’água etc”.

Em 1850, Darcy verificou no permeâmetro diversos fatores que influenciavam a vazão em que a água infiltra no solo, através desses fatores, ele determinou a equação (PINTO, 2006). A experiência de Darcy foi feita para solos saturados, obtendo-se o coeficiente de condutibilidade hidráulica da zona saturada (TOMAZ, 2011).

$$Q = k \times i \times A$$

Onde:

Q – Vazão;

k – Coeficiente de permeabilidade;

A – Área;

i – Gradiente hidráulico.

O coeficiente de permeabilidade, é uma característica inerente a cada tipo de material ou solo (MANUAL DE DRENAGEM DE RODOVIAS DO DNIT, 2006). São utilizados vários métodos para calculá-lo (PINTO, 2006), mas já existem tabelas disponibilizadas pelo Manual de Drenagem de Rodovias do DNIT (2006) nas quais esses valores já são pré-determinados. O gradiente hidráulico representa a inclinação em que o solo está submetido (PINTO, 2006).

A lei de Darcy possui algumas limitações, como já foi informado ela só pode ser utilizada para aplicações em solos saturados. Além disso, de acordo com o Autor, ela só pode ser aplicada para escoamento laminar, não pode ser utilizada para solos calcáreos ou em rochas com fraturas de grandes dimensões (TOMAZ, 2011).

3.8 Drenagem Superficial

A drenagem em um campo esportivo acontece de duas formas: drenagem superficial e a drenagem subsuperficial. Segundo o Autor a drenagem superficial, como já é adiantada pelo nome, é a que fica na superfície, sendo representada pela inclinação do gramado,

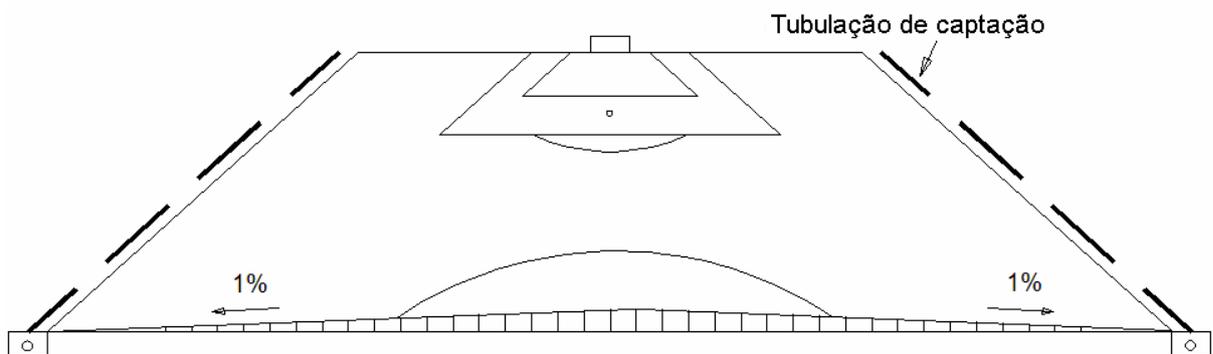
e fundamental para não haja a ocorrência da formação de poças e para que resulte na captação e dispersão da água da chuva adequadamente (SANTOS, 2016).

Santos (2016) diz que:

Uma declividade de 2% é evidenciada na maioria das superfícies de áreas desportivas, mas uma declividade de 1% é aceitável para campos onde o solo é da própria região, dadas as considerações de “jogabilidade”. Para solo local, é imperativo alcançar uma declividade de 1% do centro para as laterais. No centro do campo deve existir uma superfície horizontal de 23 a 43 centímetros dependendo da largura do campo. Uma alternativa não aconselhável é atribuir declividade de uma lateral a outra do campo, onde esta configuração proverá um campo plano e permitirá drenagem de superfície fora deste, mas não apresentará melhor eficiência quando comparado a um campo “coroadado” no centro (SANTOS 2016, p. 2).

Abaixo na Figura 2 está representada a declividade do gramado.

Figura 2 – Declividade em campo de futebol



Fonte: Santos (2006)

3.8.1 Dispositivos de Drenagem Superficial

De acordo com Manual de Drenagem de Rodovias do DNIT (2006), a drenagem superficial é também representada pelos seguintes dispositivos: valetas, sarjetas, saídas d'água, descidas d'água e dissipadores de energia.

3.8.1.1 Valetas

Valetas são canais abertos, de pequena dimensão, destinados a interceptar as águas que se escoam pelo terreno, podem ser trapezoidais, retangulares ou triangulares, feitas em concreto, alvenaria, pedra e vegetação. A Figura 3 abaixo mostra um exemplo de valeta.

Figura 3 - Valeta



Fonte: concretoflexivel.com.br

3.8.1.2 Sarjetas

Sarjetas são utilizadas principalmente em rodovias, elas têm a função de captar as águas que se precipitam sobre a estrada e conduzi-las longitudinalmente à rodovia até bocas de lobo, podem ser triangulares ou trapezoidais, feitas em concreto, pedra ou vegetação. A Figura 4 a seguir mostra um exemplo de sarjeta.

Figura 4 - Sarjeta



Fonte: preservengenharia.com.br

3.8.1.3 Saídas d'água

Saídas d'água são dispositivos destinados a conduzir as águas coletadas pelas sarjetas até as descidas d'água. Abaixo na Figura 5 está representado um exemplo de saída d'água.

Figura 5 - Saída d'água



Fonte: maquinadeaprovacao.com.br

3.8.1.4 Descidas d'água

Descidas d'água são dispositivos que conduzem as águas pelos taludes dos aterros captadas pelas saídas d'água. Podem ser retangulares ou em meia cana de concreto ou metálica. A Figura 6 apresentada mostra um exemplo de descida d'água.

Figura 6 – Descida d'água



Fonte: goias64.com.br

3.8.1.5 Dissipadores de energia

Dissipadores de energia: são plataformas executadas nos pontos de descargas de água com alta velocidade para dissipar a energia e prevenir a erosão. Abaixo na Figura 7 está um exemplo de dissipador de energia.

Figura 7 – Dissipador de energia



Fonte: novaeradrenagem.com.br

3.8.2 Drenagem superficial nos campos de futebol

Nos campos de futebol, o dispositivo de drenagem superficial mais utilizado, além da própria inclinação dos gramados, são as valetas. A água que escoar por meio da inclinação, é desembocada nas valetas localizadas nas laterais do campo (DA ROCHA, 2010). Em alguns locais é necessária somente essa forma de drenagem, todavia em locais onde o índice pluviométrico é maior, torna-se necessária uma drenagem subterrânea (SANTOS, 2016).

As valetas possuem suas vantagens e desvantagens, seu custo é baixo, as obstruções (entupimentos) são facilmente verificadas e corrigidas, entretanto, exigem maiores gastos para manutenção e limpeza, além de apresentarem mais suscetibilidade a desmoronamentos. Segundo o Autor, nesse tipo de drenagem parte da água é eliminada pelos canais de escoamento e pela percolação, seja pela evaporação ou transpiração, logo um pouco da drenagem subsuperficial já é executada, com isso a eficiência do sistema drenante aumenta, fazendo com que a exigência da drenagem subterrânea seja menor (DAKER, 1984).

Muitos consideram a drenagem superficial como definitiva para campos de futebol oficiais, porém é constatado efetivamente que a água precipitada não é removida tão rapidamente, mesmo após algumas horas do final da chuva (SANTOS, 2016). Entretanto, em regiões tropicais e subtropicais a evapotranspiração já é uma forma de drenagem subsuperficial, logo nessas áreas a necessidade de uma drenagem subterrânea é menor, mas deve ser analisado

de forma adequada, pois a falta de uma drenagem subterrânea acarreta prejuízos ao gramado (DAKER, 1984).

3.8.3 Tipos de Drenagem Superficial

Segundo Daker (1984), existem quatro tipos de drenagem superficial, quanto ao nível do terreno e o nível do recipiente de descarga (desaguadouro): desaguamento contínuo, por gravidade, desaguamento intermitente (por gravidade ou com auxílio de elevação mecânica), desaguamento por elevação mecânica e desaguamento vertical.

No desaguamento contínuo, o mais utilizado para drenagem em campos de futebol, é quando o nível do terreno é sempre superior ao nível do recipiente de descarga. De acordo com o Autor, para essa drenagem devem ser feitos o levantamento altimétrico do terreno e do recipiente de descarga e características do solo e subsolo (DAKER, 1984).

O desaguamento intermitente (por gravidade ou com auxílio de elevação mecânica), é aplicado quando normalmente o nível do terreno, é superior ao recipiente de descarga (DAKER, 1984). Para se implantar essa drenagem deve-se:

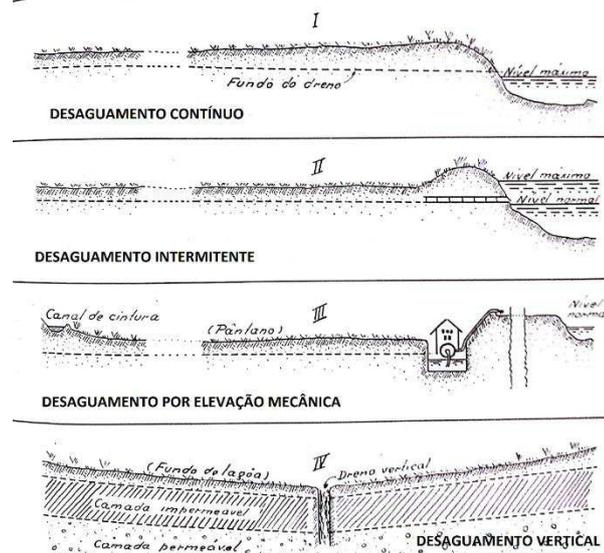
- Endicar o terreno: construir um dique em volta do terreno, protegendo-o contra a entrada de água durante as cheias;
- Eliminar a água do terreno por meio de drenos providos, em sua desembocadura, de comportas automáticas.

Entretanto, em certas ocasiões é necessário fazer uma elevação mecânica, bombeando a água para o recipiente de descarga. O desaguamento por elevação mecânica é usado quando o nível do terreno for sempre menor que o nível do recipiente de descarga. Para um projeto de drenagem desse tipo é necessário:

- Endicamento do terreno;
- Canal de cintura: faz a separação das águas altas, que tem saída por gravidade, das águas baixas, que precisam ser bombeadas;
- Redes de canais de desaguamento: encaminham as águas por gravidade para a bacia de recolhimento, escavação na região mais baixa do terreno;
- Casa de máquinas;
- Canal de descarga, que leva a água bombeada para o recipiente de descarga.

Segundo Daker (1984), desaguamento vertical é quando abaixo da camada impermeável, existe uma camada permeável capaz de absorver a água drenada. Essa água pode ser eliminada de duas maneiras: por meio de um túnel que atravessa o terreno até encontrar um recipiente de descarga natural mais baixo, ou quando é encontrado um extrato permeável a pouca profundidade, tal drenagem vertical é feita por poços absorventes cavados em diversos pontos do terreno (DAKER, 1984). Abaixo na Figura 8 há uma representação de cada tipo de drenagem superficial quanto ao nível do terreno e do recipiente de descarga.

Figura 8 - Tipos de drenagem superficial, quanto ao nível do terreno e o nível do recipiente de descarga.



Fonte: Daker (1984).

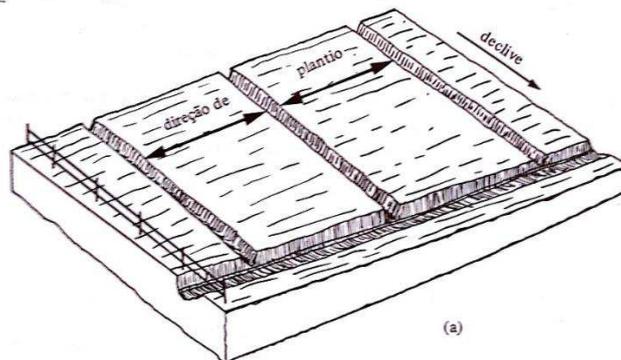
3.8.4 Disposição dos canais

Segundo Cruciani (1989), na drenagem superficial, os canais podem ser dispostos de três formas: sistema em paralelo, sistema casualizado e sistema transversal.

3.8.4.1 Sistema em paralelo

O sistema em paralelo é utilizado para solos em que a gravidade está entre 1% e 2%. Os canais são paralelos entre si, e os drenos podem seguir a declividade do terreno. Esse é o tipo de drenagem superficial utilizada nos campos desportivos. A representação do sistema em paralelo está representada na Figura 9 abaixo.

Figura 9 – Sistema de drenagem superficial em paralelo.

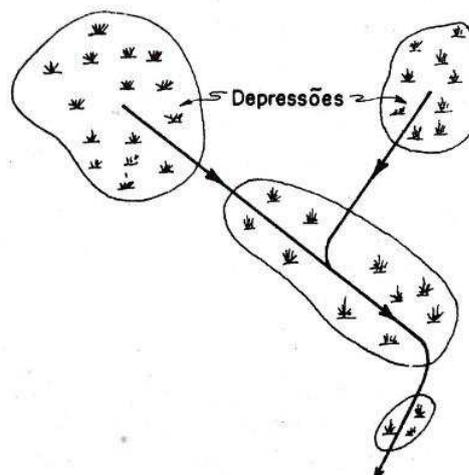


Fonte: Cruciani (1989)

3.8.4.2 Sistema Casualizado

Sistema casualizado é necessário quando o terreno é plano e possui topografia irregular com depressões espalhadas. Segundo o Autor, esse sistema consiste em ligar as depressões por meio de um sistema de drenos rasos que conduzam a água para uma saída natural ou uma determinada depressão do terreno (CRUCIANI, 1989). A disposição do sistema casualizado está apresentada na Figura 10 abaixo.

Figura 10 – Sistema de drenagem superficial casualizado

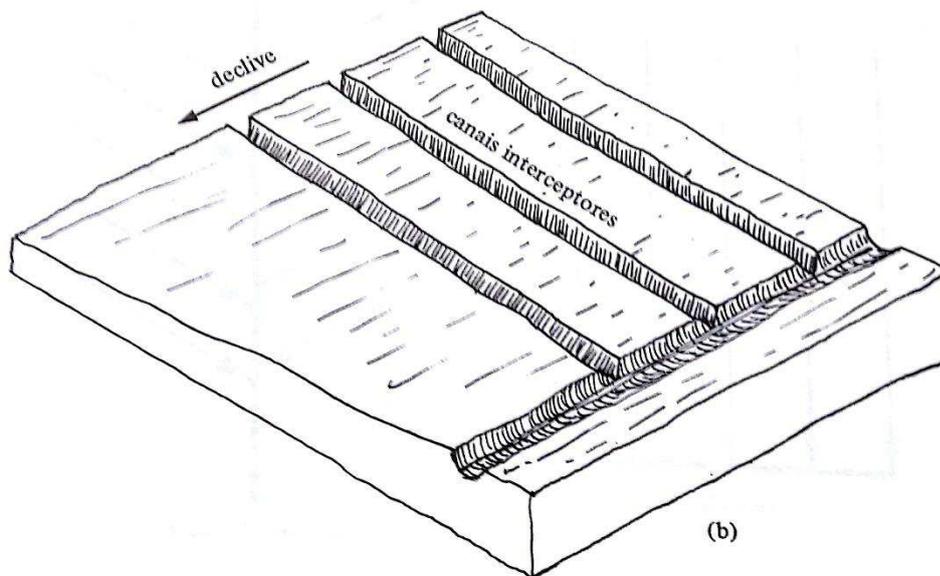


Fonte: Cruciani (1989)

3.8.4.3 Sistema transversal

Sistema transversal: é necessário quando a declividade da área é acentuada. Abaixo na Figura 11 há uma ilustração representando esse sistema.

Figura 11 – Sistema transversal de drenagem superficial



Fonte: Cruciani (1989)

3.8.5 Preparo do Solo

Cruciani (1989) afirma que:

A simples instalação de canais dentro da área não é suficiente para eliminar a água empoçada na superfície, porque ela se acumula justamente em depressões e irregularidades do terreno. Assim é evidente que a drenagem superficial depende também da sistematização do terreno (CRUCIANI 1989, p. 270).

De acordo com Cruciani (1989), o preparo do solo para drenagem superficial é feito de duas maneiras:

- Simples alisamento da superfície: simples, econômico e envolve pouca movimentação de terra. Pode ser feito com uma plaina simples ou pranchão;
- Nivelamento do terreno: maior movimentação de terra, com cortes e aterros de modo a deixar a superfície com declives uniformes.

3.9 Drenagem Subsuperficial

A drenagem subsuperficial ou subterrânea é aquela que não podemos observar, pois se encontra embaixo do gramado. De acordo com Santos (2016), ela é a responsável por drenar a água que passa pelo *topsoil* e acelera o processo de expulsão da água do campo a fim de minimizar o seu acúmulo na área onde a precipitação realmente acontece.

O sistema de drenagem subsuperficial de um campo de futebol pode ser construído de três formas: colchão drenante, trincheiras drenantes e colchão e trincheiras drenantes (SANTOS, 2016).

No caso de colchão drenante não são utilizados os tubos drenos, existe apenas um material, que pode ser o geocomposto, abaixo do *topsoil* que promove a percolação da água para as laterais do gramado (SANTOS, 2016).

Se a drenagem for construída por trincheiras drenantes, existem os tubos drenos, localizados dentro dessas trincheiras, que ficam logo abaixo do *topsoil*, e toda água que infiltra nele chega nos tubos, e estes fazem a dispersão da água para outros locais (SANTOS, 2016).

A solução mais adequada, todavia, mais cara, é a união dessas duas formas, colchão drenante, mais trincheiras drenantes, nesse caso abaixo do *topsoil*, existe o colchão drenante que já faz o começo da drenagem subsuperficial, e a água que passa por esse colchão chega aos drenos, localizados nas trincheiras, e eles a levam para outro local (SANTOS, 2016).

Em alguns casos é necessário um sistema drenante profundo para que haja a captura das águas que podem se infiltrar por locais adjacentes a área a ser drenada, ou seja, rebaixamento de lençol freático. De acordo com o Autor, nesses casos as trincheiras drenantes apresentarão critérios distintos de dimensionamento havendo apenas em alguns casos semelhança construtiva (SANTOS, 2016).

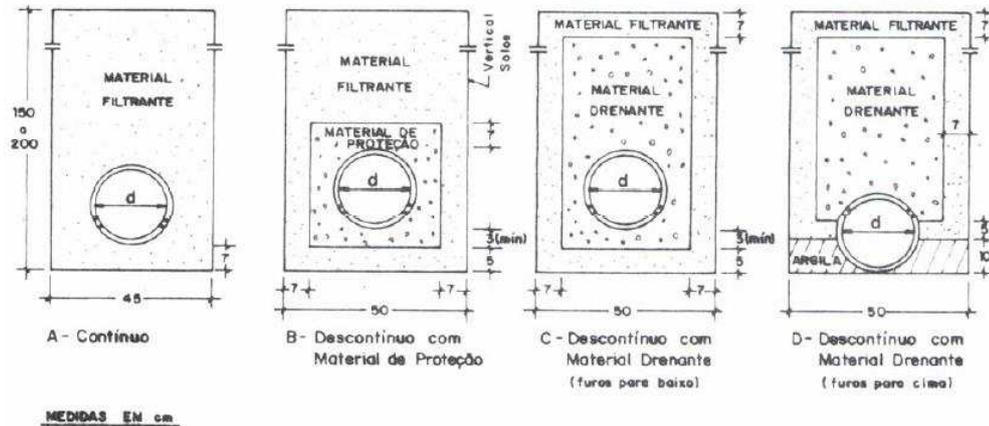
3.9.1 Dispositivos de drenagem subsuperficial

De acordo com o Manual de Drenagem de Rodovias do DNIT (2006), a drenagem subsuperficial é representada pelos seguintes dispositivos: drenos profundos, drenos espinha de peixe, colchão drenante, valetão lateral e drenos sub-horizontais.

3.9.1.1 Drenos profundos

Os drenos profundos interceptam o fluxo da água subterrânea através do rebaixamento do lençol freático, ficam geralmente de 1,5 a 2,0 metros de profundidade, são constituídos de materiais filtrantes, que podem ser areias e geotêxtil; drenantes, que podem ser britas ou cascalhos; e condutores, que são os tubos de concreto, cerâmicos, fibrocimento etc. Os exemplos de drenos profundos estão representados na Figura 12 abaixo:

Figura 12 – Drenos profundos

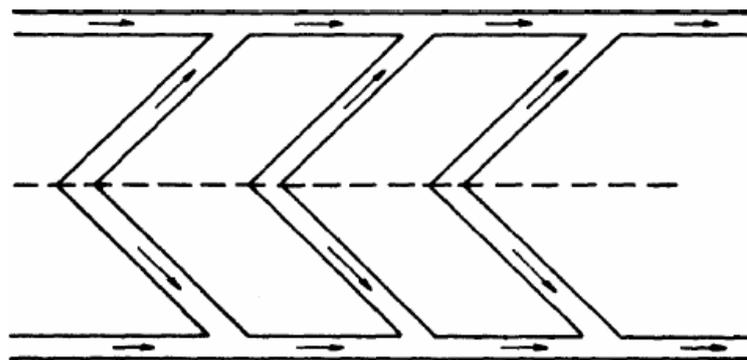


Fonte: Manual de Drenagem de Rodovias do DNIT (2006)

3.9.1.2 Drenos espinhas de peixe

Drenos espinhas de peixes são tubos dispostos em forma de espinha de peixe, em sentido oblíquo em relação ao eixo longitudinal do terreno, usados em grandes áreas, e são de pequena profundidade, por volta de 30 centímetros. A disposição espinha de peixe está ilustrada na Figura 13 abaixo:

Figura 13 – Dreno espinha de peixe



Fonte: Manual de Drenagem de Rodovias do DNIT (2006)

3.9.1.3 Colchão drenante

Colchão drenante são usados em pequenas profundidades, em conjunto com os drenos espinha de peixe, quando este não é suficiente. Abaixo na Figura 14 está um exemplo de colchão drenante:

Figura 14: Colchão drenante de geotêxtil

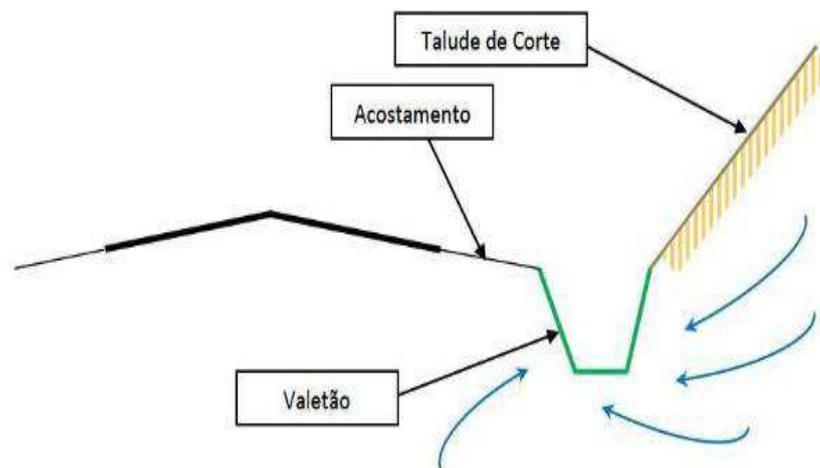


Fonte: maccaferri.com

3.9.1.4 Valetão lateral

Valetões Laterais são aqueles formados a partir do acostamento, de um lado e do outro, pelo próprio talude de corte. O valetão lateral está representado na Figura 15 abaixo:

Figura 15 – Valetão lateral

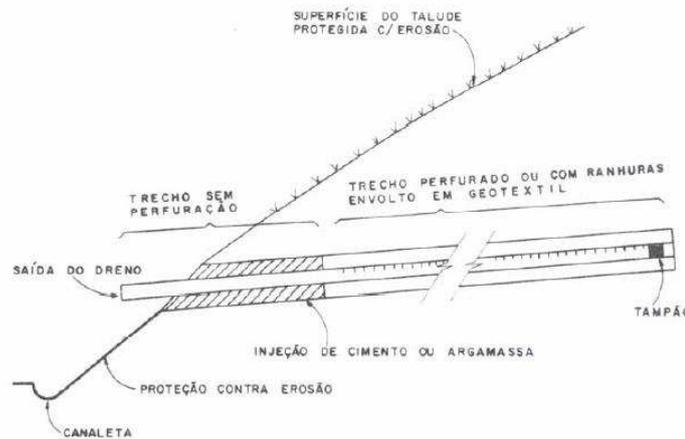


Fonte: maquinadeaprovação.com.br

3.9.1.5 Drenos Sub-horizontais

O dreno sub-horizantal previne e corrige escorregamentos de taludes cuja causa da instabilidade é a elevação do lençol freático. Abaixo na Figura 16 está uma imagem explicativa para os drenos sub-horizontais:

Figura 16 – Drenos Sub-horizontais



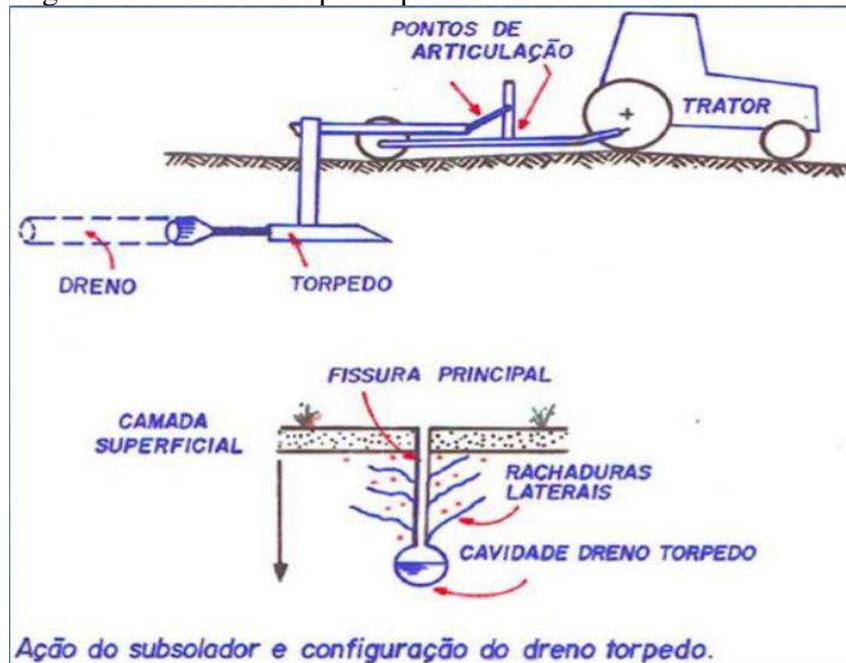
Fonte: *Manual de Drenagem de Rodovias do DNIT (2006)*

3.9.2 Tipos de dreno

Segundo Cruciani (1989), os drenos apresentados podem ser de três formas:

- Drenos abertos: esse tipo de dreno utiliza grande parte do terreno, fazendo com que uma grande área utilizável seja perdida. Além disso a manutenção e limpeza devem ser frequentes, pois ocorre sedimentação e crescimento de vegetação, diminuindo sua eficiência;
- Drenos do tipo toupeira: são galerias abertas no subsolo pelo arrasto de uma peça cilíndrica na forma de um torpedo presa a um subsolador. Esse tipo de dreno é geralmente utilizado em solos argilosos, onde a instalação dos drenos tubulares seja dificultada. A principal finalidade desse dreno é remover o excesso de água da superfície, através de fissuras no solo. Entretanto, diante da instabilidade do solo e erosão interna, a duração dessas galerias é curta. O dreno do tipo toupeira está representado na Figura 17;

Figura 17 – Dreno do tipo toupeira



Fonte: gpeas.ufc.br/disc/dren/aula03.pdf

- Drenos tubulares: são os mais utilizados para controle do lençol freático. Para sua instalação são cavadas valas da dimensão em que a instalação dos drenos e do material de recobrimento (filtro) seja realizada de forma adequada.

Um bom tubo de drenagem subterrânea deve possuir alta qualidade, isso implica nas seguintes características: resistência a ação química e deterioração no solo, apresentar resistência para suportar cargas devidas ao solo colocado em volta, deve possuir alta densidade, além de estar livre de defeitos e uniforme na espessura das paredes e dos orifícios (MILLAR, 1978).

De acordo com Millar (1978), existem diversos materiais para confecção dos tubos e cada projeto de drenagem possui a sua peculiaridade, sendo o material escolhido de acordo com a peculiaridade do projeto.

- Drenos de argila: possuem diâmetros entre 5 e 20 centímetros, e comprimento de 30 a 50 centímetros;
- Drenos de concreto: possuem diâmetros entre 15 a 20 centímetros, a sua desvantagem é degradação perante solos altos e com sulfatos, tornando necessário o uso de aditivos ou de cimento especial;

- Tubos de plástico (PVC): os mais utilizados atualmente por possuírem vantagens como pouco peso e maior comprimento, facilitando o manejo, transporte e instalação; melhor alinhamento e juntas mais estritas devido o comprimento ser maior; orifícios mais uniformes e regulares em toda superfície; alheio a condições químicas do solo. Os tubos podem ser lisos ou corrugados, esses possuem menor preço por unidade de comprimento, maior resistência mecânica às sessões exteriores e são mais flexíveis, entretanto a sua capacidade de vazão é menor do que a dos tubos lisos.

Não necessariamente os drenos subterrâneos devem ser tubos, existem drenos formados de pedra, como pedregulhos ou seixos rolados, onde a água percorre entre os espaços vazios deixados pelas pedras, portanto para esse tipo de dreno deve ser analisado de forma precisa a granulometria da pedra utilizada. Segundo o Autor, essa não é uma boa opção para drenos subterrâneos, pois há grande risco dos poros que são utilizados para percolação da água serem preenchidos pelo solo que fica acima do dreno, ocorrendo a colmatação, que acontece quando os espaços são preenchidos por finos, fazendo com que o dreno perca toda sua capacidade drenante, e por conta dessas dificuldades, os drenos de pedra são dificilmente utilizados em projetos de drenagem subsuperficial (DAKER, 1984).

Outros materiais também são utilizados para drenagem subterrânea, como condutos de tijolos e telhas, onde os tijolos são dispostos de forma retangular, ou triangular, as telhas planas são colocadas em baixo e as curvas em cima. Existem também, de acordo com o Autor, condutos formados de galhos de arvores, de bambu ou madeira, dispostos de forma que a água passe pelos vãos deixados pelas superfícies de contato de cada elemento, todavia nenhum desses condutos apresentam eficiência maior do que aqueles formados por tubos perfurados (DAKER, 1984).

Existe ainda outra alternativa de drenagem subterrânea onde não há a utilização de tubos, nem de dreno, que são os poços de drenagem, tal alternativa é utilizada especialmente em zonas áridas, quando a estratigrafia do solo favorece, pode ser mais vantajoso estabelecer um certo número de poços e bombear a água subterrânea, mantendo-a num nível mais baixo, do que abrir drenos e eliminá-la por gravidade, nessas zonas, é comum o solo apresentar, a certas profundidades, uma ou mais camadas de textura grossa, de grande condutividade hidráulica, que podem drenar toda água do perfil. Segundo o Autor, um ou mais poços,

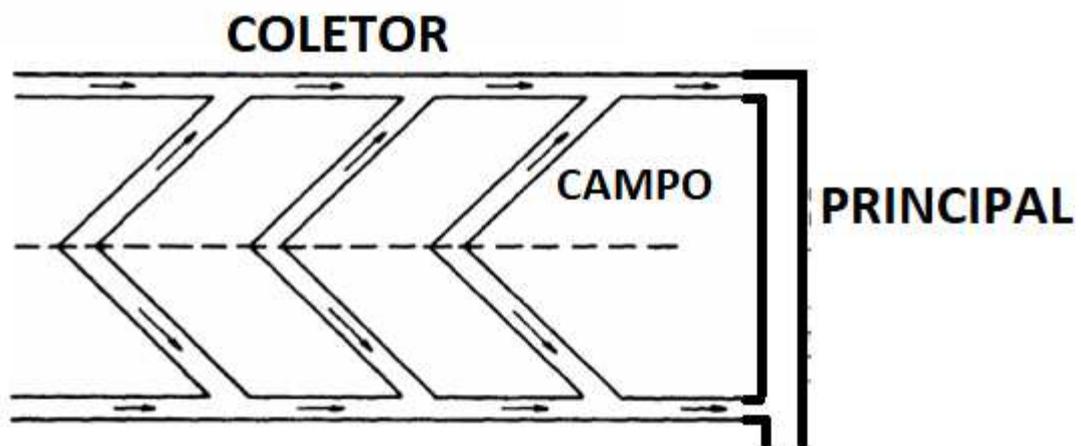
dependendo da área, extraindo a água dessas camadas, pode drenar eficientemente grandes extensões (DAKER, 1984).

Segundo Cruciani (1989), existem três tipos distintos de drenos:

- Drenos de campo (drenos laterais ou drenos primários): tem a função de controlar a profundidade do lençol ou absorver o excesso de água da superfície do solo;
- Drenos coletores: que coletam a água recebida pelos drenos de campo e as conduzem ao dreno principal;
- Dreno principal: recebe toda água e a transporta até a saída.

Abaixo a Figura 18 representa os tipos de drenos.

Figura 18 – Tipos de dreno em um sistema de espinha de peixe



Fonte: Modificado do Manual de Drenagem de rodovias do DNIT (2006)

3.9.3 Filtro

Como já afirmado, para instalação de drenos tubulares torna-se necessária a utilização de filtros. Segundo o Autor, esse material possui duas funções: facilitar a entrada de água nos drenos e evitar a passagem de materiais sólidos para dentro do tubo, podendo provocar seu entupimento (MILLAR, 1978).

O filtro deve envolver completamente o tubo de modo que este não possua nenhum contato direto com o solo, em qualquer sentido (MILLAR, 1978). Ou seja, o filtro ideal deve

possuir uma camada de material poroso na base da vala escavada, sobre o qual é assentado o tubo, sendo posteriormente coberto totalmente (CRUCIANI, 1989).

Existem tipos específicos de material para funcionar como filtro em drenagens subterrâneas. Segundo o Autor, um deles é o cascalho, amplamente utilizado em décadas passadas, mas atualmente foi substituído pela brita, que é o tipo de filtro mais usado em campos desportivos (MILLAR, 1978). Para esses tipos de materiais deve ser observado de forma minuciosa o diâmetro de suas partículas, pois estas não devem ser inferiores aos orifícios dos tubos perfurados, por isso Cruciani (1989), aconselha que esses materiais sejam numerosos e pequenos, permitindo o uso de uma granulometria pequena e uniforme (CRUCIANI, 1989).

Segundo U.S. Bureau of Reclamation, a espessura mínima do filtro deve ser de 10 centímetros, mas Cruciani (1989), afirma que não existem resultados conclusivos quanto a dimensão ideal. Ele ainda diz que o aumento da dimensão diminui a velocidade de infiltração da água e conseqüentemente o transporte de sedimentos, portanto o diâmetro da partícula deve ser distribuído e forma que 85% do material tenha diâmetro igual ou pouco inferior aos orifícios dos drenos (CRUCIANI, 1989).

Materiais orgânicos como palha, serragem e turfa, também podem ser utilizados como filtro (MILLAR, 1978). São poucos utilizados, mas Sisson e Jones (1962), afirmam que a palha funciona como um excelente limitador de sedimentos.

Outro material que também pode ser utilizado como filtro é a fibra de vidro, é pouco utilizado, mas existem pesquisas que comprovam sua eficiência como material filtrante (WILLARDSON, 1974).

Nos campos de futebol brasileiros a brita é amplamente utilizada, mas existe uma nova tecnologia que vem sendo aplicada em determinados campos, que se mostra tão eficaz, ou até melhor do que a brita, que é o geocomposto drenante da empresa *Maccaferri*®. Segundo o Autor, como esse material é uma manta geossintética não é necessário se preocupar com a sua granulometria, enrola-se a manta no tubo perfurado por completo, dessa forma substitui-se a brita ou cascalho (SANTOS, 2016).

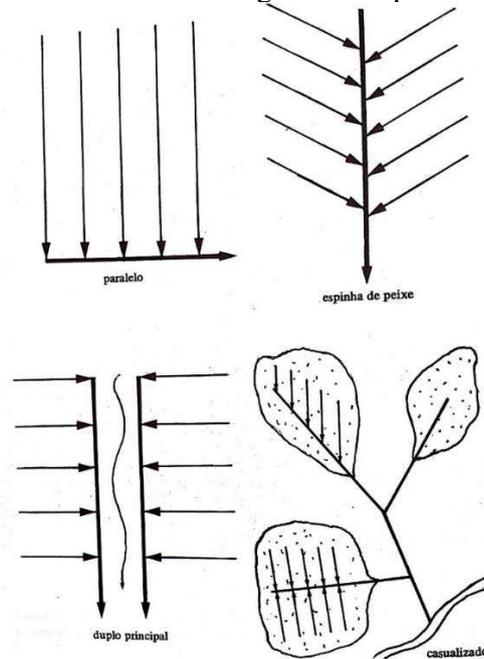
3.9.4 Sistemas de Drenagem Subterrânea

De acordo com Cruciani (1989), os sistemas de drenagem utilizados na drenagem subterrânea são classificados do ponto de vista operacional de duas formas: sistema de drenagem de alívio e sistema de drenagem de interseção.

3.9.4.1 Sistema de drenagem de alívio

O sistema de drenagem de alívio é necessário quando há necessidade de rebaixar e controlar o nível do lençol freático. Os drenos são dispostos de quatro maneiras: sistema em paralelo, sistema em espinha de peixe, sistema duplo principal, sistema casualizado. Os quatro tipos de sistema de drenagem de alívio estão representados na Figura 19 abaixo.

Figura 19 – Sistemas de drenagem subsuperficial de alívio

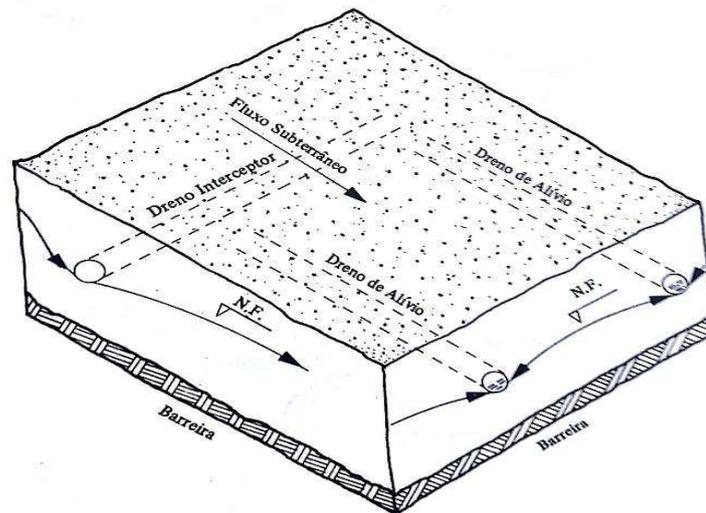


Fonte: Cruciani (1989)

3.9.4.2 Sistema de drenagem de interseção

Sistema de drenagem de interseção: é aplicado quando se tem a necessidade de interceptar o fluxo subterrâneo. Os drenos são dispostos perpendicular ao sentido do fluxo. Abaixo na Figura 20 está uma imagem mostrando o sistema de interseção.

Figura 20 – Sistema de drenagem subsuperficial de interseção



Fonte: Cruciani (1989)

3.9.5 Sistema de Saída

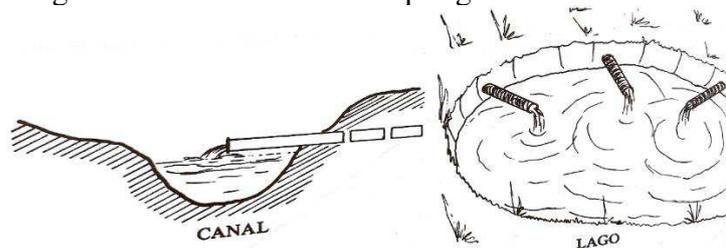
A saída de um sistema de drenagem é uma das partes que se deve ter mais cuidado, pois é para ele que os drenos levam toda a água captada, portanto uma deficiência no sistema de saída pode comprometer toda a área, tornando obsoleto o trabalho dos drenos. Segundo o Autor, o sistema de saída tem a função de receber toda água dos drenos e levá-las à uma fonte capaz de absorvê-las ou armazená-las, tais fontes podem ser um curso natural (rios, lagos), ou locais onde a água possa se perder por evaporação (CRUCIANI, 1989).

Cruciani (1989) diz que a saída pode ser de duas formas: por gravidade e por bombeamento.

3.9.5.1 Sistema de saída por gravidade

O sistema de saída por gravidade ocorre quando o local para onde os drenos leva a água é mais baixo que o terreno. O sistema de saída por gravidade está representado na Figura 21 abaixo.

Figura 21 – Sistema de saída por gravidade

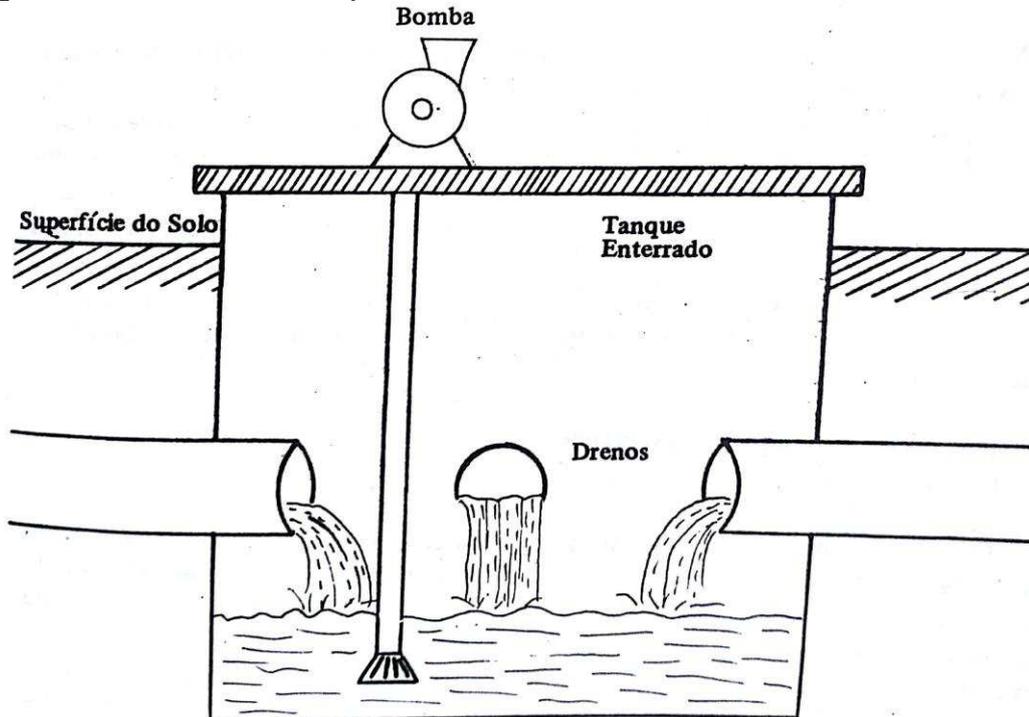


Fonte: Cruciani (1989)

3.9.5.2 Sistema de saída por bombeamento

O sistema de saída por bombeamento acontece quando a água é armazenada, e é necessário o bombeamento para retirá-la do local de armazenamento. O sistema de saída por bombeamento está representado na Figura 22 a seguir.

Figura 22 – Sistema de saída por bombeamento



Fonte: Cruciani (1989)

3.9.6 Construção do Sistema de Tubos Subterrâneos

Segundo Millar (1978), o procedimento na construção de um sistema de tubos subterrâneos possui três etapas:

- Escavar uma valeta à profundidade adequada e com o gradiente necessário;
- Instalar os tubos na valeta, com ou sem material filtrante;
- Encher a valeta com solo escavado.

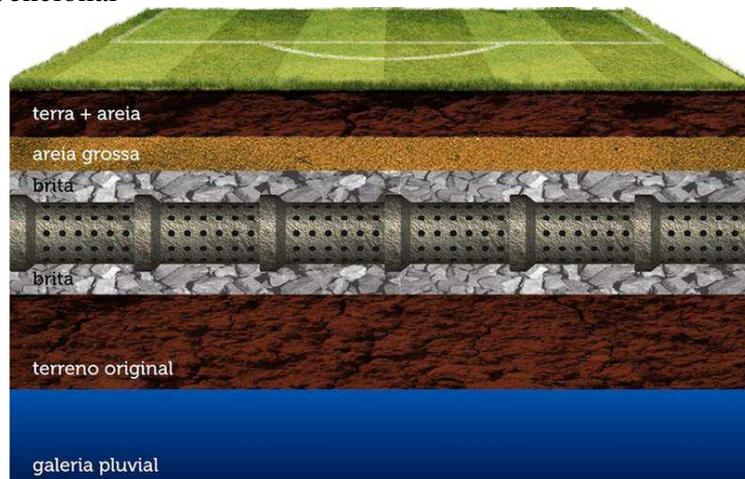
Anteriormente, cada linha de drenagem é marcada com estacas indicadoras em cada extremo da linha. Segundo Millar (1978, p.203), “as estacas indicadoras são colocadas à altura apropriada em cima da futura valeta”. O Autor ainda afirma que “entre as estacas a montante e

a jusante, a linha de gradiente é mantida com estacas intercaladas, as quais servem como referência durante a instalação do dreno” (MILLAR, 1978).

3.10 Sistema Convencional de Drenagem em Campos Desportivos

O sistema convencional de drenagem, utilizado na grande maioria dos campos brasileiros, é composto com os drenos envoltos em um geotêxtil, e esse conjunto coberto em brita (SANTOS, 2016). Em muitos casos esse sistema se mostra adequado, pois a drenagem ocorre de forma eficiente, como é o caso do Maracanã. Neles as trincheiras drenantes são dispostas na forma de espinha de peixe, de acordo com a topografia do terreno escolhendo-se a melhor forma de distribuir os drenos (DEPARTAMENTO TÉCNICO DA BIDIM, 2013). Abaixo na Figura 23 está a estratigrafia de um campo de futebol com drenagem convencional.

Figura 23 – Perfil do solo em um campo de futebol com drenagem convencional



Fonte: pedreiroa.com.br

Um dos principais problemas desse sistema é a colmatação. Segundo Santos (2016), o pisoteio do gramado na realização dos jogos e também nos treinos, faz com que as partículas do solo abaixo da grama, se movimentem e sendo assim elas chegam na brita, preenchendo os vazios existentes em sua estrutura, ocorrendo o chamado bombeamento de finos, processo semelhante ao que acontece nos lastros das ferrovias, dessa forma a brita vai perdendo sua permeabilidade, fazendo com que ocorra manutenção em intervalo de tempo reduzidos.

Outro problema que também pode ocorrer nesse tipo de drenagem envolve a brita, a granulometria da brita deve estar condizente com as condições da região, e devidamente instaladas no momento da execução da obra. Além disso, o Autor afirma que a brita necessita de um transporte adequado, logo em locais de difícil acesso esse sistema não se mostra

apropriado. Foi o que aconteceu em um campo localizado no Morro dos Prazeres, Rio de Janeiro, aonde primeiramente, foi pensado em uma drenagem de forma convencional, entretanto, observou-se que o local era de difícil acesso, cheio de buracos, e sem infraestrutura pronta para subir a quantidade de brita necessária para realização da drenagem, tendo em vista todas essas dificuldades, foi-se necessário pensar em outra alternativa para a drenagem, e foi escolhida a drenagem com geocomposto drenante (OLIVEIRA, 2011).

3.11 Geossintéticos

Após a Segunda Grande Guerra, com o desenvolvimento da indústria petroquímica e a conseqüente disseminação dos produtos plásticos, iniciou-se a Era dos Geossintéticos, onde as primeiras utilizações de geotêxteis como elemento filtrante foram em obras costeiras nos Países Baixos e nos EUA. De acordo com o Autor, em 1971, essas “era” chega ao Brasil, com a fabricação do primeiro geotêxtil não tecido (VERTEMATTI, 2001).

Segundo Vertematti (2001), os geotêxteis são divididos em dois grupos: os tecidos e os não tecidos. Os tecidos são fabricados em teares que tramam os fios ou laminetes em duas direções perpendiculares entre si: a trama perpendicular à direção de fabricação e o urdume, a própria direção de fabricação (VERTEMATTI, 2001). As formas mais utilizadas para os não tecidos são:

- Via carda: nesse processo, as fibras fornecidas em fardos são paralelizadas por cilindros recobertos de dentes penteadores que formam os véus, os quais são dobrados formando as mantas, que são consolidadas por intensa agulhagem mecânica, calandragem ou resinagem, resultando no produto final;
- Via fundida: nesse processo, destaca-se a fiação contínua por extrusão onde os filamentos são resfriados, estirados e depositados sobre uma esteira rolante em forma de mantas, que são consolidadas da mesma forma como é a via carda.

De acordo com Vertematti (2001), os geossintéticos possuem várias propriedades, apresentadas na Quadro 2 a seguir:

Quadro 2 – Propriedades dos geossintéticos

PROPRIEDADES	
FÍSICAS	GRAMATURA DO GEOTÊXTIL
	PONTO DE AMOLECIMENTO
	ESPESSURA DO GEOTÊXTIL
	POROSIDADE DO GEOTÊXTIL
	RETENÇÃO DE ASFALTO
MECÂNICAS	RESISTÊNCIA E ALONGAMENTO A TRAÇÃO
	MÓDULO DE RIGIDEZ
	RESISTÊNCIA À PROPAGAÇÃO DO RASGO
	RESISTÊNCIA AO PUNÇIONAMENTO
	RESISTÊNCIA AO ESTOURO
HIDRÁULIAS	PERMEABILIDADE NORMAL
	PERMISSIVIDADE
	PERMEABILIDADE PLANAR
	TRANSMISSIVIDADE
	ABERTURA DE FILTRAÇÃO
DURABILIDADE	FLUÊNCIA
	RESISTÊNCIA À AGENTES QUÍMICOS
	RESISTÊNCIA À AGENTES BIOLÓGICOS
	RESISTÊNCIA À RAIOS ULTRA-VIOLETA
	RESISTÊNCIA À ABRASÃO

Fonte: Vertematti (2001)

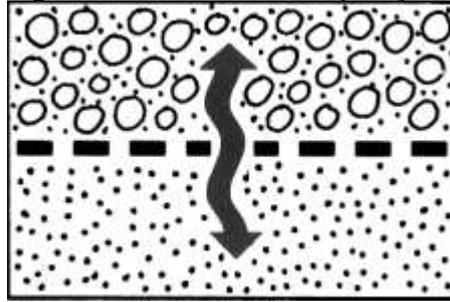
Essas propriedades são determinadas através de dois tipos de ensaios: ensaios de caracterização e ensaios de desempenho. Segundo Vertematti (2001), ensaios de caracterização, são aqueles utilizados para controlar qualidade de fabricação e permitir comparações relativas entre produtos, já os ensaios de desempenho, utilizados para determinar parâmetros intrínsecos necessários em projetos, resultante da interação do Geotêxtil com outros materiais, em condições específicas.

Os geotêxtis desempenham diversas funções em diversas áreas de atuação, de acordo com Vertematti (2001). As principais funções desempenhadas por eles são: separação, reforço, filtração e drenagem planar.

3.11.1 Separação

Na função de separação o geotêxtil, interposto entre dois materiais de naturezas diferentes, impede sua mistura e interpenetração, preservando suas características originais. Abaixo na Figura 24 está representada a função de separação do geotêxtil.

Figura 24: Geotêxtil de separação

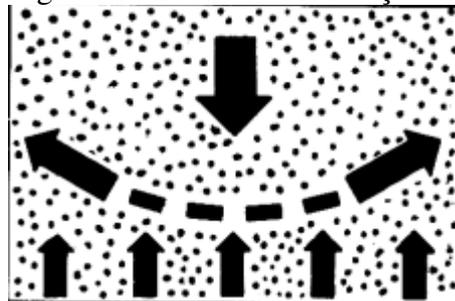


Fonte: Vertematti (2001)

3.11.2 Reforço

Na função de reforço o geotêxtil, através de suas propriedades mecânicas, atua no sentido de reforçar a estrutura geotécnica na qual está inserido. Abaixo na Figura 25 está representada a função de reforço do geotêxtil.

Figura 25: Geotêxtil de reforço

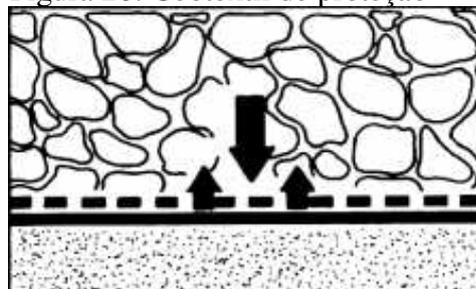


Fonte: Vertematti (2001)

3.11.3 Proteção

Na função de proteção o geotêxtil, colocado adjacente a outro elemento de uma obra geotécnica, o protege de danos mecânicos tais como abrasão, puncionamento e rasgo. Abaixo na Figura 26 está representada a função de proteção do geotêxtil.

Figura 26: Geotêxtil de proteção

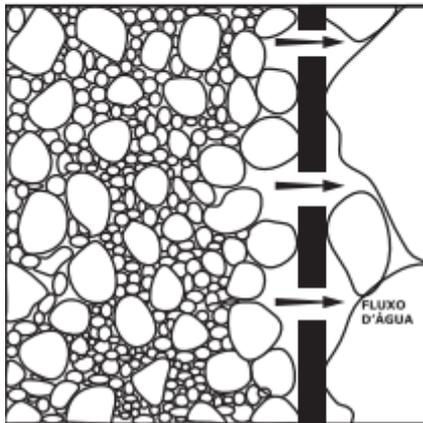
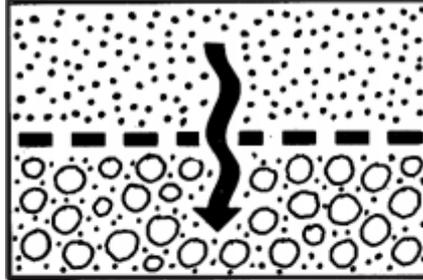


Fonte: Vertematti (2001)

3.11.4 Filtração

Na função de filtração o geotêxtil, através de sua estrutura física, retém a fase sólida deixando livre a passagem aos fluidos. Abaixo na Figura 27 está representada a função de filtração do geotêxtil.

Figura 27 – Geotêxtil de filtração

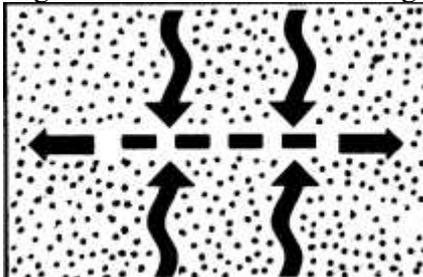


Fonte: Vertematti (2001)

3.11.5 Drenagem Planar

Na função de drenagem planar, o geotêxtil, através de sua estrutura física, coleta e conduz fluidos em seu plano. Esta função é inerente apenas aos geotêxteis não tecidos espessos. Abaixo na Figura 28 está representada a função de drenagem planar do geotêxtil.

Figura 28 – Geotêxtil de drenagem planar



Fonte: Vertematti (2001)

3.11.6 Aplicações dos geotêxtis

Segundo Vertematti (2001), diante de todas as funções os geotêxtis possuem várias aplicações em diversas áreas.

- Áreas agrícolas: utilizados para drenagem;
- Áreas verdes: utilizados para proteção de gramados, jardins e floreiras;
- Barragens: utiliza-se para proteção de taludes, drenos verticais, horizontais e drenos de pé de talude;
- Canais: servem como colchão drenante, base para impregnação asfáltica e proteção de geomembranas;
- Captação de águas subterrâneas: utilizados em poços fundos e trincheiras de captação;
- Construção civil: utilizados para drenagem subterrânea, proteção de impermeabilização e muros de contenção;
- Construção industrial: utilizado também para drenagem subterrânea e proteção de impermeabilização, estacionamentos e arruamentos, reforço de aterro em solos moles e taludes íngremes;
- Controle de erosão: usados como revestimentos em canais, bacias de amortecimento, proteção superficial de taludes;
- Esporte e lazer: drenagem em campos desportivos, praias artificiais e proteção de gramados;
- Obras de contenção: uso em muros de solos reforçados, drenos em muro de arrimo, muro em gabiões, paliçadas e diques contínuos;
- Obras marítimas: utilizados em enrocamentos de contenção e diques contínuos;
- Proteção ao meio ambiente: filtros em estações de tratamento de água e esgoto, drenagem sob reservatórios, aterros sanitários e drenagem em pilhas de minérios;
- Obras viárias: estradas, vias de acesso, sistemas viários, pátios, estacionamentos e ferrovias.

No Brasil a primeira aplicação de geossintéticos com a finalidade de drenagem foi na pista de atletismo de um clube em São Paulo. De acordo com o Autor, o objetivo era aliviar

o peso do sistema drenante, pois caso a drenagem fosse da forma convencional, com agregados naturais, iria sobrecarregar a laje e as estruturas do prédio (VERTEMATTI, 2004).

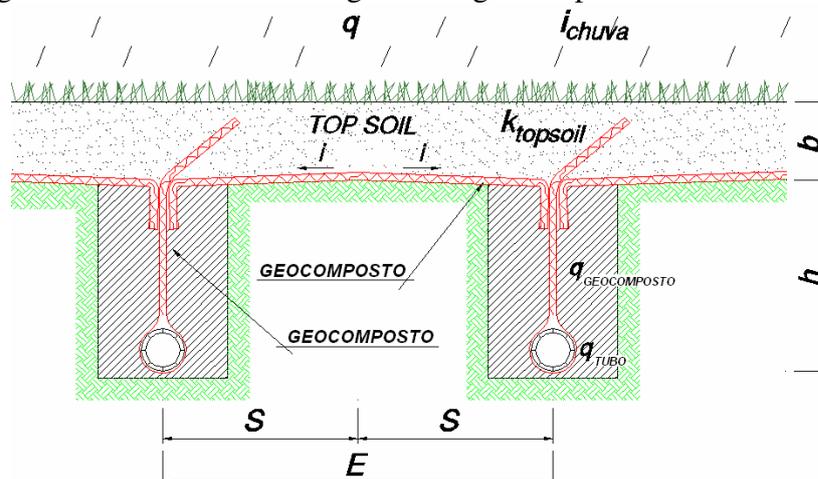
A principal aplicação de geossintéticos no Brasil, é como elemento filtrante. O Autor afirma que a razão dessa ampla utilização no país, é devida a sua eficiência quando comparado à agregados naturais dos sistemas filtrantes tradicionais (VERTEMATTI, 2004). As suas principais vantagens, de acordo com Vertematti (2004) são quanto a espessura, pois em filtros convencionais a espessura é bem maior quando comparado a filtros com geossintéticos, continuidade da estrutura filtrante e a facilidade no momento da execução.

3.12 Sistema com Geocomposto

Geocomposto é um produto formado pela superposição ou associação de um ou mais geossintéticos entre si, ou com outros produtos. Segundo o Autor, o geocomposto para drenagem é composto por um geotêxtil que atua como filtro e de uma georrede ou geoespaçador que atua como elemento drenante (VERTEMATTI, 2001).

O sistema de drenagem com geocomposto drenante, já é utilizado em alguns campos brasileiros, e se mostra eficiente. Com base no que é afirmado pelo Autor, a diferença desse sistema para o sistema convencional, se consiste na substituição da brita e o geotêxtil pelo geocomposto drenante, portanto abaixo da camada de *topsoil* é colocado o geocomposto, como colchão drenante, e abaixo do geocomposto são colocados os drenos subterrâneos, sendo estes permanecendo no esquema espinha de peixe (SANTOS, 2016). Abaixo na Figura 29 está a estratigrafia de um campo de futebol com drenagem utilizando geocomposto drenante.

Figura 29 – Sistema de drenagem com geocomposto drenante



Fonte: Santos (2016)

O geocomposto drenante utilizado para drenagem subsuperficial em áreas gramadas é o *MacDrain® TD 2L* disponibilizado pela empresa *Maccaferri*. De acordo com o Manual Técnico do Equipamento (2017), o *MacDrain® TD 2L* é um geocomposto para drenagem leve e flexível, cujo núcleo drenante é formado por uma geomanta tridimensional, fabricada com filamento de polipropileno e termosoldada entre dois geotêxtis não tecidos de poliéster em todos os pontos de contato, exceto na região para inserção do tubo perfurado, possuindo a capacidade de captar, conduzir e escoar o excesso de água da chuva, sistema de irrigação, rebaixar o lençol freático etc., com máxima eficiência e velocidade (MANUAL TÉCNICO DO EQUIPAMENTO, 2017).

Esse sistema alternativo apresenta vantagens principalmente construtivas. Segundo o Manual Técnico do Equipamento (2017), o material geossintético é flexível e mais leve do que a brita, fazendo com que não seja necessário de um transporte especial. Além disso, sua instalação é muito simples e prática, pois já traz incorporado uma bolsa para o acondicionamento do tubo dreno (MANUAL TÉCNICO DO EQUIPAMENTO, 2017).

3.13 Equação de Manning

A equação de Manning é a forma mais tradicional para dimensionamento de condutos livres ou canais (drenos), em regime de escoamento uniforme (CRUCIANI, 1989). Manning propôs essa equação em 1889, e nela ele relaciona o coeficiente C de Chezy, com o raio hidráulico da seção (PORTO, 2006).

Chezy em 1769, apresentou a equação fundamental da qual se originou a fórmula de Manning, que é dada por (CRUCIANI, 1989):

$$V = C \times \sqrt{Rh \times I}$$

Onde:

V – Velocidade de escoamento;

Rh – Raio hidráulico;

I – Declividade do canal.

A fórmula que Manning apresentou para o coeficiente C foi (PORTO, 2006):

$$C = \frac{Rh^{1/6}}{n}$$

Dessa forma a equação de Manning foi dada por (PORTO, 2006):

$$V = \frac{1}{n} \times Rh^{2/3} \times I^{1/2}$$

Onde:

n – Coeficiente de rugosidade.

O coeficiente de rugosidade é variado de acordo com o tipo do revestimento dos canais artificiais e em cursos de águas naturais (PORTO, 2006).

Essa equação é válida para escoamentos permanentes, uniformes e turbulentos rugosos, com grande número de Reynolds (PORTO, 2006).

Para seções circulares que são as utilizadas em campos de futebol, existe uma peculiaridade com relação ao raio hidráulico e a lâmina líquida. A medida em que a lâmina líquida aumenta, há aumento gradual da área molhada e do perímetro molhado. Mas, em uma determinada altura um pequeno acréscimo na altura de água, provoca um aumento maior proporcionalmente no perímetro molhado do que na área molhada. Logo, o raio hidráulico aumenta até uma certa altura de água em que o perímetro molhado cresce mais lentamente que a área molhada e decresce em diante (PORTO, 2006).

3.14 Fórmula de Hooghoudt

A fórmula de Hooghoudt foi desenvolvida na Holanda, e tem a função de determinar o espaçamento entre os drenos subterrâneos para condições de fluxo permanente. De acordo com o Autor, as fórmulas para espaçamento dos drenos levam em conta as características hídricas do solo, necessidades da profundidade do lençol freático e a necessidade da capacidade de carga (MILLAR, 1978).

De acordo com Millar (1978, p. 150) “as necessidades da profundidade do lençol freático dependem das culturas, clima, tipo de solo e processo de salinização”. Já as necessidades de capacidade de descarga de acordo com Millar (1978, p. 150) “dependem do clima, métodos de irrigação, filtrações tipo do solo e culturas.

A partir dessas informações Hooghoudt determinou a sua equação da seguinte forma (MILLAR, 1978):

$$L^2 = \frac{8K'dh}{R} + \frac{4K''h^2}{R}$$

Onde:

L – Espaçamento entre os drenos;

K' – Condutividade hidráulica acima do nível dos drenos;

K'' – Condutividade hidráulica abaixo do nível dos drenos;

h – Distância vertical entre a horizontal que passa ao nível do fundo dos drenos e o lençol freático;

d – Espessura do estrato equivalente

R – Quantidade de água a drenar.

Quando os drenos estão na camada impermeável do solo, a equação pode ser descrita como (VALDIVIESO et al, 1987):

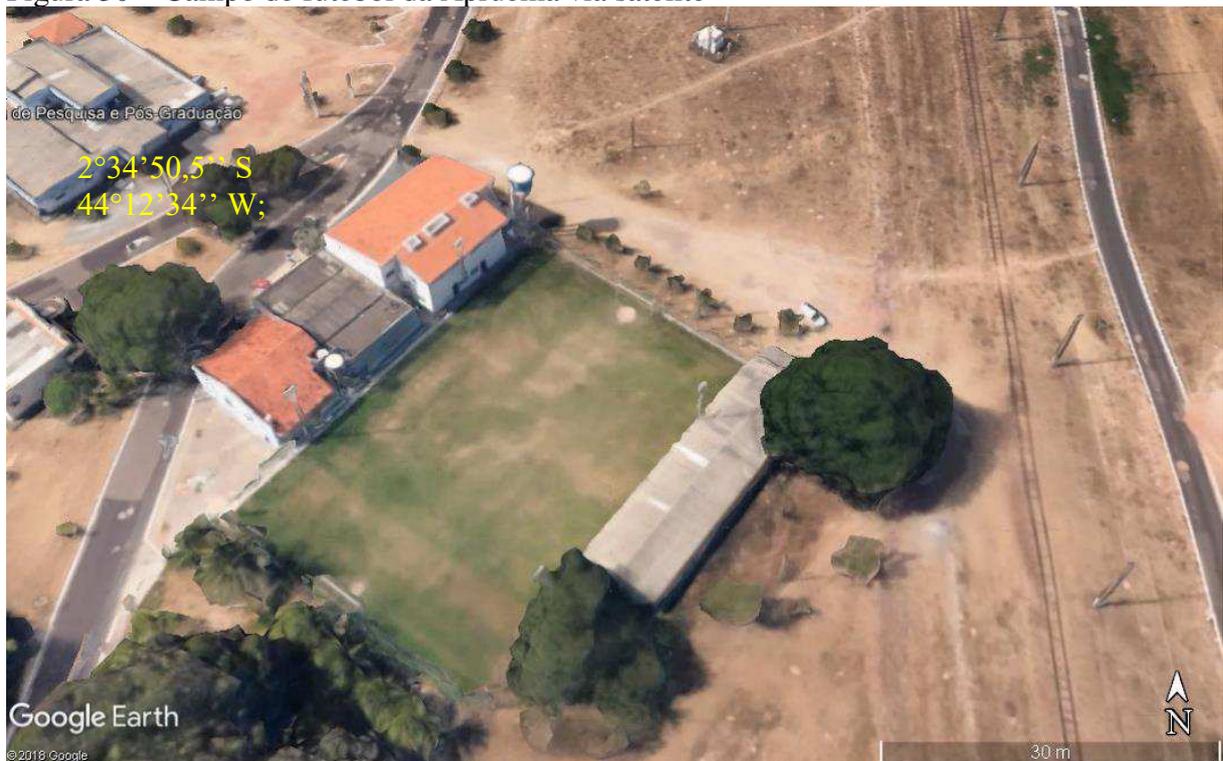
$$L^2 = \frac{4Kh^2}{R}$$

4 METODOLOGIA

4.1 Área estudada

A campo de futebol para realização do estudo, se encontra na Cidade Universitária Paulo VI da UEMA, localizada na Avenida Lourenço Vieira da Silva, nº1000, no bairro do São Cristóvão, em São Luís, Maranhão, possui 50 metros de comprimento e 35 metros de largura. O campo é utilizado, a priori, pelos professores e funcionários da universidade. Abaixo na Figura 30 está representada a área estudada via satélite.

Figura 30 – Campo de futebol da Apruema via satélite



Fonte: Google Earth (2019)

4.2 Grama

A grama que será utilizada será a grama esmeralda (*Zoysia japônica*). É a espécie mais utilizada em campos de futebol amador, que é o caso do campo estudado, possuem folhas macias e resistentes ao pisoteio. Além de se desenvolver em solos alcalinos e ácidos, solos argilosos e arenosos. Segundo o Autor, é ideal para o clima tropical, que é o clima da cidade de São Luís, seu crescimento é lento, logo a quantidade de aparos é reduzida (COAN, 2008). Por conta de todas essas características favoráveis, essa foi a grama escolhida para o campo.

4.3 Topsoil

A camada de *topsoil* será de 30 centímetros, composta por 90% em areia grossa e 10% em matéria orgânica.

4.3.1 Permeabilidade do *topsoil*

Para a determinar a permeabilidade do *topsoil* foi utilizada a lei de Darcy. A condutibilidade hidráulica da areia grossa é 0,001 m/s, de acordo com o Manual de Drenagem de Rodovias do DNIT (2006). O gradiente hidráulico utilizado é de 1%. A área é de 0,3m², pois a altura da camada é de 30 centímetros, utilizada para um metro linear. A partir desses valores, obtém-se a vazão que passa pelo *topsoil* de 0,0003 m³/s = 0,3 l/s para um metro linear de solo.

4.4 Tempo de concentração

O tempo de concentração foi calculado através da equação de Kerby. Foi utilizado coeficiente de rugosidade de retardação para gramado médio, 0,4. O comprimento é metade da largura do campo, pois o escoamento é do centro para as laterais, ou seja, 17,5 metros. A declividade utilizada será de 1%. A partir desses dados o tempo de concentração calculado foi de 10,47 minutos.

4.5 Intensidade de chuva

Para calcular a intensidade da chuva foi utilizado os parâmetros disponibilizados por Campos (2015), para a cidade de São Luís. O tempo de retorno adotado foi de 10 anos. Sendo $a = 1205,31$, $b = 0,163$, $c = 0,742$ e $t_0 = 10$. Dessa forma o resultado da intensidade da chuva foi de 3,11 mm/min ou 0,0000518 m/s. Como a condutibilidade do *topsoil* é maior, o seu dimensionamento está válido.

4.6 Dreno

O dreno será do tipo PEAD, tubo perfurado fabricado em polietileno de alta densidade, de forma corrugada, de simples ou dupla parede, com a finalidade de captar as águas sub-superficiais existentes no interior do terreno.

4.7 Método Racional

Foi utilizado o método racional para transformar chuva em vazão. O coeficiente de escoamento C utilizado foi 0,2, baseado em Da Silva (2016). A área do campo de futebol é de 1750m². A intensidade da chuva encontrada foi de 3,11 mm/min. Dessa forma a vazão será de 0,108 m³/s.

4.8 Drenagem Superficial

A drenagem superficial será apenas utilizada por meio da inclinação do gramado, que será de 1% dos centros para as laterais.

4.9 Drenagem subsuperficial

4.9.1 Sistema Convencional

No sistema convencional o colchão drenante abaixo do *topsoil*, é composto por brita, envolto a um geotêxtil. A permeabilidade do sistema é feita por meio da lei de Darcy. Será utilizada a brita 1, a condutibilidade hidráulica da brita disponibilizada pelo Manual de Drenagem de Rodovias do DNIT (2006) é de 15 cm/s. O gradiente hidráulico é de 1%. A área é 0,3m², pois a altura de escavação da camada é de 30 centímetros, utilizando um metro linear. Dessa forma a vazão do colchão drenante de brita é de 0,045 m³/s ou 45l/s.

Entretanto de acordo com Silva (2016), é necessário usar os fatores de redução de Koerner (1999), para vazão encontrada. De acordo com Koener (1999), o fator de redução para drenagem à gravidade com uso de geotêxtil varia de 5,76 a 32,4, em função das possibilidades de colmatação física do geotêxtil, redução de vazios devido a fluência, intrusão nos vazios, colmatação química e colmatação biológica (SANTOS, 2016). Dessa forma, utilizando a situação mais crítica a nova vazão será de 1,38 l/s ou 0,00138 m³/s. Tal vazão consegue suportar aquela que passa na camada de *topsoil*, logo está adequada. Para determinar o diâmetro do dreno, será utilizada a norma do DNIT 093/2016, nela encontra-se o dreno de diâmetro nominal 100 milímetros com vazão de 4,94 l/s e suporta uma tensão de 64kgf que é o suficiente para o campo de futebol estudado.

Após a determinação do diâmetro do dreno, é necessário calcular o espaçamento entre eles. Para realizar esse cálculo será utilizada a fórmula de Hooghoudt, considerando que os drenos já estejam na camada impermeável. Dessa forma tem-se a altura acima do nível deles de 30 centímetros, condutividade de 0,15 m/s e a vazão de 0,00138 m/s. Sendo assim o espaçamento calculado é de 6,25 metros.

Com a determinação do espaçamento entre os drenos calcula-se a quantidade deles. Como o comprimento do campo é de 50 metros e o espaçamento é de 6,25 metros, a quantidade de drenos necessária são 8.

4.9.2 Sistema com Geocomposto Drenante

No sistema com geocomposto o colchão drenante abaixo do *topsoil*, é composto por um geocomposto drenante, e abaixo do colchão de geocomposto encontra-se os drenos subterrâneos. O geocomposto a ser utilizado será o *MacDrain® TD 2L 20.2* da empresa *Maccaferri*. É um geocomposto para drenagem leve e flexível, cujo núcleo drenante é formado por uma geomanta tridimensional, fabricada com filamentos de polipropileno, e termosoldada entre dois geotêxtis não tecidos de poliéster em todos os pontos de contato, exceto na região para inserção do tubo perfurado. Este dreno sintético é capaz de captar, conduzir e escoar o excesso de água da chuva, sistemas de irrigação, rebaixar lençol freático etc, com máxima eficiência e velocidade, que oferece uma série de vantagens em relação ao sistema convencional. Sua instalação é muito simples e prática, pois já traz incorporado uma bolsa com guia para acondicionamento do tubo dreno.

De acordo com a especificação técnica disponibilizada pelo fabricante, para gradiente hidráulico de 1%, a vazão do geocomposto é 2,65 l/s, suportando uma tensão de 10 kPa, que é suficiente para o campo em questão, para cada metro linear.

Da mesma forma como no dimensionamento com brita e geotêxtil, para esse sistema também é necessário utilizar os fatores de redução de Koener (1999). Existem quatro tipos de fatores de redução, que são o de intrusão do solo, que será de 1,05; o de fluência, que será 1,2; de colmatção química, 1,1 e de colmatção biológica, 1,15. A partir do produto desses valores, calcula-se o fator de redução global que é 1,5939. Para calcular a nova vazão do geocomposto faz-se o quociente da vazão determinada pelo fabricante, pelo fator de redução global. A nova vazão será de 1,66 l/s. Tal vazão consegue suportar aquela que passa pelo *topsoil*, portanto está adequada. Para determinar o diâmetro do dreno, será da mesma forma como no sistema convencional, utilizando a norma do DNIT 093/2016, sendo assim o dreno escolhido será o mesmo, com diâmetro nominal 100 milímetros, vazão de 4,94 l/s, suportando uma tensão de 64kgf.

Para o espaçamento entre os drenos será utilizada a mesma fórmula de Hooghoudt, considerando que eles já estão na camada impermeável. Sendo assim a altura permanece sendo de 30 centímetros, a condutividade é de 0,3 m/s e a vazão de 0,00166 m/s. Logo o espaçamento calculado é de 8,06 metros. O espaçamento adotado será de 8 metros.

Com a determinação do espaçamento entre os drenos calcula-se a quantidade deles da mesma forma como no sistema convencional. Como o comprimento do campo é de 50 metros e o espaçamento adotado é de 8 metros, a quantidade de drenos necessária são 7.

4.10 Custos do Sistema Convencional

4.10.1 Custo com mão de obra

De acordo com Rocha (2010), com a utilização de cinco pessoas para instalar o sistema convencional é necessário um mês, contabilizando transporte, manuseio, regularização e lançamento das pedras. Baseado na Convenção Coletiva de Trabalho (2018/2019) do Sindicato dos Trabalhadores na indústria da construção civil do Maranhão. O piso salarial para oficial é de R\$ 1463,00/mês e para servente é de R\$ 1029,60/mês. Considerando para instalação do sistema, dois pedreiros e três serventes. O custo de mão de obra para o sistema para um mês é de R\$ 6.014,80.

4.10.2 Custo com material

De acordo com o site brasil.geradordepreços.info, o preço do geotêxtil, que suporta uma tensão longitudinal de 10,9 kN/m e resistência a tração transversal de 11,6 kN/m, que são suficientes para o campo em questão, é de R\$ 3,65/m². De acordo com a Secretaria de Estado da Fazenda do Maranhão o preço para 1 m³ de brita é de R\$ 95,26. Considerando que as valetas para inserção do tubo dreno tenham 30 centímetros de altura e 60 centímetros de largura, para um metro linear cada valeta possui 0,18 m³. Sendo assim, o valor a ser gasto com material para esse sistema é de R\$ 36.394,40.

4.11 Custos do Sistema com geocomposto drenante

4.11.1 Custo com mão de obra

De acordo com Rocha (2010), com a utilização de cinco pessoas para instalar o sistema com geocomposto drenante é necessária apenas uma semana, contabilizando transporte, manuseio e regularização. Utilizando a mesma mão de obra do sistema convencional, o custo total fica em R\$ 1.383,40.

4.11.2 Custo com material

Foi solicitado junto ao fabricante o preço do geocomposto utilizado, entretanto não houve resposta. Logo será utilizado o preço de Rocha (2010), que é R\$ 22,00. Sendo assim o custo total com o geocomposto é R\$ 38.500,00.

5 RESULTADOS

5.1 Permeabilidade do *topsoil*

Para calcular a permeabilidade do *topsoil*, foi utilizada a lei de Darcy.

$$Q = K \times i \times A$$

- Com $k = 0,001 \text{ m/s}$ (Areia grossa);
- $i = 1\%$ (Declividade adotada);
- $A = 0,3 \times 1 = 0,3 \text{ m}$ (Altura da camada = 0,3 m, para 1 metro linear de solo).

$$Q = 0,001 \times 1 \times 0,3$$

$$Q = 0,0003 \text{ m}^3/\text{s} \times \text{m}$$

5.2 Tempo de concentração

O tempo de concentração foi calculado através da equação de Kerby.

$$tc = 1,44 \times \left(\frac{r \times L}{S^{0,5}} \right)^{0,467}$$

- Com coeficiente de rugosidade de retardação = 0,4 (gramado médio);
- O comprimento sendo a metade da largura do campo, ou seja, $35/2 = 17,5$;
- $S = 0,01$ (Declividade adotada).

$$tc = 1,44 \times \left(\frac{0,4 \times 17,5}{0,01^{0,5}} \right)^{0,467}$$

$$tc = 10,47 \text{ minutos}$$

5.3 Intensidade de chuva

Foi utilizada a equação de intensidade de chuva, com os parâmetros calculados por Campos (2015).

$$i = \frac{K \times Tr^a}{(t + b)^c}$$

- Com $K = 1205,31$;
- $Tr = 10$ anos;
- $a = 0,163$;
- $b = 10$;
- $c = 0,742$;
- $t = 10,47$.

$$I = \frac{1205,31 \times 10^{0,163}}{(10,47 + 10)^{0,742}}$$

$$I = 186,82 \text{ mm/h}$$

$$I = 3,11 \text{ mm/min}$$

5.4 Método racional

O método racional foi utilizado para calcular a vazão de escoamento.

$$Q = C \times I \times A$$

- $C = 0,2$;
- $I = 3,11 \text{ mm/min}$;
- $A = 50 \times 35 = 1750 \text{ m}^2 = 0,175 \text{ ha}$ (50 metros de comprimento e 35 metros de largura).

$$Q = 0,2 \times 3,11 \times 0,175$$

$$Q = 0,108 \text{ m}^3/\text{s}$$

5.5 Drenagem Subsuperficial

5.5.1 Sistema convencional

Utiliza-se a lei de Darcy, para calcular a vazão do sistema de brita e geotêxtil.

$$Q = K \times i \times A$$

- $K = 0,15 \text{ m/s}$ (Brita 1);
- $i = 1\%$ (Declividade adotada);
- $A = 0,3 \times 1 = 0,3 \text{ m}$ (Altura da camada = 0,3 m, para 1 metro linear de solo).

$$Q = 0,15 \times 1 \times 0,3$$

$$Q = 0,045 \text{ m}^3/\text{s} \times m$$

$$Q = 45 \text{ l/s} \times m$$

Utilizando o fator de redução de Koerner (1999)

$$Q_{adm} = \frac{0,045}{32,4}$$

$$Q_{adm} = 0,00138 \text{ m}^3/\text{s} \times m$$

$$Q_{adm} = 1,38 \text{ l/s} \times m$$

É calculado agora o espaçamento entre os drenos através da equação de Hooghoudt.

$$L^2 = \frac{4Kh^2}{R}$$

- K = 0,15 (Brita 1);
- h = 0,3 m (altura da camada);
- R = 0,00138 m³/s.

$$L^2 = \frac{4 \times 0,15 \times 0,3^2}{0,00138}$$

$$L = 6,25m$$

A partir do espaçamento é calculada a quantidade de dreno, através do comprimento do campo.

$$QuantDrenos = \frac{50}{6,25}$$

$$QuantDrenos = 8 \text{ drenos}$$

5.5.2 Sistema com geocomposto drenante

Para determinar a vazão admissível do geocomposto é necessário calcular o fator de redução global de Koerner (1999).

$$FR_{global} = FR_{intrusão} \times FR_{fluência} \times FR_{colm, quim} \times FR_{colm, bio}$$

$$FR_{global} = 1,05 \times 1,2 \times 1,1 \times 1,15$$

$$FR_{global} = 1,5939$$

A partir da vazão do geocomposto disponibilizada pelo fabricante, calcula-se a vazão admissível.

$$Q_{adm} = \frac{2,65}{1,5939}$$

$$Q_{adm} = 1,66 \text{ l/s}$$

$$Q = 0,00166 \text{ m}^3/\text{s}$$

Para calcular o espaçamento entre os drenos é utilizada a equação de Hooghoudt.

$$L^2 = \frac{4Kh^2}{R}$$

- K = 0,3 (Geocomposto drenante);
- h = 0,3 m (Altura da camada);
- R = 0,00166 m³/s

$$L^2 = \frac{4 \times 0,3 \times 0,3^2}{0,00166}$$

$$L = 8,06 \text{ m}$$

A partir do espaçamento calcula-se a quantidade de dreno, através do comprimento do campo, adotando-se 8 metros de espaçamento.

$$QuantDrenos = \frac{50}{8}$$

$$QuantDrenos = 6,25 \text{ drenos}$$

A quantidade adotada será de 7 drenos.

5.6 Custos sistema convencional

5.6.1 Custo com mão de obra

Considerando 5 pessoas, sendo dois oficiais e três ajudantes, trabalhando por um mês tem-se:

$$\text{Custo, oficial} = 2 \times 1463 \times 1$$

$$\text{Custo, oficial} = \text{R\$ } 2.926,00$$

$$\text{Custo, ajudante} = 3 \times 1029,6 \times 1$$

$$\text{Custo, ajudante} = \text{R\$ } 3.088,80$$

$$\text{Custo, total} = 3.088,80 + 2.926,00$$

$$\text{Custo, total, mão de obra} = \text{R\$ } 6.014,80$$

Quadro 3 – Custo de mão de obra do sistema convencional

CUSTO MÃO DE OBRA				
	QUANTIDADE	SALÁRIO/MÊS	TEMPO DE EXECUÇÃO/MÊS	CUSTO
OFICIAL	2	R\$ 1.463,00	1	R\$ 2.926,00
AJUDANTE	3	R\$ 1.029,60		R\$ 3.088,80
TOTAL				R\$ 6.014,80

5.6.2 Custo com material

Considerando a valeta para inserção do tubo com 30 centímetros de altura e 60 centímetros de largura, para um metro linear o volume da valeta será:

$$V_{valeta} = 0,3 \times 0,6 \times 1$$

$$V_{valeta} = 0,18 \text{ m}^3/\text{m}$$

Considerando o preço da brita 1 a R\$ 95,26, o valor a ser gasto com um metro linear será de:

$$\text{Custo, unit, brita} = 0,18 \times 95,26$$

$$\text{Custo, unit, brita} = \text{R\$ } 17,15$$

Como o campo possui 1750 m² de área, o custo total com brita é de:

$$\text{Custo, total, brita} = 17,15 \times 1750$$

$$\text{Custo, total, brita} = R\$ 30.012,50$$

Utilizando o valor do geotêxtil a R\$ 3,65/m², o custo total com geotêxtil é de:

$$\text{Custo, total, geotêxtil} = 3,65 \times 1750$$

$$\text{Custo, total, geotêxtil} = R\$ 6.387,50$$

Dessa forma o custo total com material é de:

$$\text{Custo, total, material} = 30.012,50 + 6.387,50$$

$$\text{Custo, total, material} = R\$ 36.400,00$$

Quadro 4 – Custo de material do sistema convencional

CUSTO MATERIAL					
MATERIAL	UNIDADE	QUANTIDADE	PREÇO UNITÁRIO	CUSTO UNITÁRIO	ÁREA (m ²)
GEOTÊXTIL	m ²	1	R\$ 3,65	R\$ 3,65	1750
BRITA	m ³	0,18	R\$ 95,26	R\$ 17,15	
TOTAL					R\$ 36.394,40

5.7 Custos sistema com geocomposto drenante

5.7.1 Custo com mão de obra

Considerando 5 pessoas, sendo dois oficiais e três ajudantes, trabalhando por uma semana (0,23 mês) tem-se:

$$\text{Custo, oficial} = 2 \times 1463 \times 0,23$$

$$\text{Custo, oficial} = R\$ 672,98$$

$$\text{Custo, ajudante} = 3 \times 1029,6 \times 0,23$$

$$\text{Custo, ajudante} = R\$ 710,42$$

$$\text{Custo, total} = 672,98 + 710,42$$

$$\text{Custo, total, mão de obra} = R\$ 1383,40$$

Quadro 5 – Custo de mão de obra do sistema com geocomposto drenante

CUSTO MÃO DE OBRA				
	QUANTIDADE	SALÁRIO/MÊS	TEMPO DE EXECUÇÃO/MÊS	CUSTO
OFICIAL	2	R\$ 1.463,00	0,23	R\$ 672,98
AJUDANTE	3	R\$ 1.029,60		R\$ 710,42
TOTAL				R\$ 1.383,40

5.7.2 Custo com material

Utilizando o geocomposto no valor de R\$ 22,00/m², para a área total do campo tem-se:

$$\text{Custo, total, material} = 22 \times 1750$$

$$\text{Custo, total, material} = \text{R\$ } 38.500,00$$

Quadro 5 – Custo de material do sistema com geocomposto drenante

CUSTO MATERIAL			
MATERIAL	UNIDADE	PREÇO UNITÁRIO	ÁREA (m ²)
GEOCOMPOSTO	m ²	R\$ 22,00	1750
TOTAL			R\$ 38.500,00

6 CONCLUSÃO

Como foi estudado são necessários diversos estudos, para projetar e executar a drenagem em um campo de futebol. Estudos hidrológicos, através do método racional e do tempo de concentração para determinar a intensidade de chuva. Estudos de solo, através da lei de Darcy para verificar permeabilidade. Estudos topográficos, para determinar a declividade adequada. Estudos agronômicos para realizar a escolha da grama, dentre outros.

Para sistemas convencionais, é de fundamental importância verificar a granulometria da brita, a disponibilidade no local a ser executada a drenagem do campo, o modo como será transportada, e verificar se o local possui infraestrutura adequada para o transporte ser realizado. Já para sistemas com geocomposto é necessário verificar a vazão de acordo com o fabricante, observando o gradiente hidráulico a ser utilizado.

Depois de feito todo o dimensionamento e a verificação dos custos com relação aos tipos de sistema de drenagem estudados, constatou-se que os dois sistemas atenderam as necessidades para a realização da drenagem. Entretanto, foi demonstrado que o sistema com geocomposto drenante é a opção mais adequada e vantajosa. Além de sua capacidade de vazão ser maior do que a do sistema convencional, possuindo uma vazão de 1,66 l/s e a do sistema convencional sendo 1,38 l/s, apresenta uma economia em cerca de 6%, sem levar em conta os drenos que são em menor quantidade nesse sistema.

Algo muito importante a ser destacado com relação aos projetos de drenagem em campos de futebol, é que um projeto de drenagem para um campo não serve para outro campo. Pois cada localidade possui a sua especificidade, com relação a chuvas e a estrutura do solo, dessa forma o dimensionamento de um campo muda totalmente em relação a outro campo. Além disso, a disponibilidade de material pode ser diferente em cada localidade, dificultando ainda mais o “aproveitamento” de projetos.

Foi analisado que a drenagem não é apenas aquela realizada por drenos ou outros dispositivos de drenagem superficial. O sistema drenante de um campo de futebol já começa com primeira camada, a grama deve ser muito bem analisada de acordo com as características regionais. Além da camada de *topsoil* que deve estar muito bem distribuída, com os nutrientes necessários para o desenvolvimento da planta, e o solo com boa condutividade para promover a drenagem.

Com base em todos os estudos realizados, pôde-se perceber a extrema importância que um sistema de drenagem tem em um campo de futebol. Seja para jogos oficiais quanto para jogos amadores o sistema de drenagem é fundamental para a realização dos jogos e a qualidade do espetáculo proporcionado pelos atletas. Além de ser fundamental para evitar lesões, pois uma boa drenagem mantém o campo sempre seco não expondo os atletas a esse tipo de situação.

REFERÊNCIAS

Brasil. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transporte. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de Drenagem de Rodovias**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2006.

Brasil. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transporte. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Tubo Dreno Corrugado de Polietileno de Alta Densidade – PEAD para Drenagem Rodoviária – Especificação de Material**. Rio de Janeiro, out. 2016.

CAMPOS, Alcinei Ribeiro. et al. **Equações de intensidade de chuvas para o estado do Maranhão**. Reveng. Viçosa, p. 435-447, set./out. 2015.

CAMPOS, Alcinei Ribeiro. et al. **Equações de intensidade-duração-frequência de chuvas para o estado do Piauí**. Revista Ciência Agronômica. Fortaleza, v. 56, n. 3, p. 488-498, jul./set. 2014.

CAPUTO, Homero Pinto. **Mecânica dos solos e suas aplicações**. 6. ed. Rio Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos, 1996.

COLLISCHON, Walter; DORNELLES, Fernando. **Hidrologia para engenharia e ciências ambientais**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2013.

COAN, R.M. Crescimento de Grama-Esmeralda em Diferentes Exposições e Declividades, 2008. 114 f. Tese (Produção Vegetal) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2008.

CRUCIANI, Decio Eugenio. **A drenagem na agricultura**. São Paulo: Nobel, 1989.

DA COSTA, Jeferson; MOGIN, Jonair; DE BRITO, Antônio José. **Equações de chuva intensas para São Luís - MA**. XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. São Paulo, 2007.

DAKER, Alberto. **A água na agricultura (Manual de hidráulica agrícola)**. São Paulo: Freitas Bastos, 1984.

DAMÉ, Rita de C. F; TEIXEIRA, Cláudia F. A; TERRA, Viviane S. S. **Comparação de diferentes metodologias para estimativa de curvas de intensidade-duração-frequência para Pelotas – RS**. [s.n]. Jaboticabal, v.28, n. 2, p. 245-255, abr./jun. 2008.

DA ROCHA, Paulo Eduardo Oliveira; DE ALMEIDA, Jefferson Prado; DOS SANTOS, Petrucio José. **Um novo sistema de drenagem de gramados sintéticos com uso de geocompostos – Estádio do Baetão**. Maccaferri do Brasil. São Bernardo. 2010.

DA SILVA, Jefferson Lins et al. **Nova Drenagem com Geocompostos na casa do Furacão Arena da Baixada, Curitiba-PR**. Maccaferri do Brasil; Universidade de São Paulo – Escola de Engenharia de São Carlos. Curitiba. 2016

DE OLIVEIRA, Camyla Margarete Magalhães; PEREIRA, Fernando Xavier. **Drenagem de quadra de futebol no morro dos prazeres, Rio de Janeiro, Brasil.** Maccaferri do Brasil. Rio de Janeiro. 2011

Departamento Técnico da Bidim. **Separação e filtração em sistema de drenagem no gramado do Maracanã.** Caso de obra #199. Rio de Janeiro, 2013.

SANTOS, Petrucio José. **Uso de Geocomposto Drenante em Campos de Futebol, Marília – SP, Brasil.** Maccaferri do Brasil. Jundiaí. 2016

KOERNER, Robert M. **Designing with Geosynthetics.** 4. ed. Upper Saddle River: Pearson Prentice Hall, 1998.

Maranhão. Sindicato das indústrias da construção civil do Estado do Maranhão; Sindicato dos trabalhadores na indústria da construção pesada, mobiliário, artefatos de cimento, obras de arte, instalações elétricas, montagens industriais e engenharia consultiva. **Convenção Coletiva de Trabalho 2018/2019.** São Luís, 2018.

MILLAR, Agusttin A. **Drenagem de terras agrícolas: bases agrônômicas.** São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1978.

PINTO, Carlos de Sousa. **Curso básico de mecânica dos solos.** 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

PORTO, Rodrigo de Melo. **Hidráulica Básica.** 4. ed. São Carlos: EESC-USP, 2006.

SOUSA, Patrícia Ferreira Cunha. **Irrigação e Drenagem.** Londrina: Educacional S.A, 2018

TOMAZ, Plínio. **Curso de manejo de água pluviais.** Guarulhos: Plínio Tomaz, 2013. *E-book*. Disponível em: pliniotomaz.com.br/downloads/livro14drenagemv09.pdf. Acesso em: 01 junho. 2019.

TOMAZ, Plínio. **Infiltração e dry well:** recarga, infiltração, drenagem, noções de hidrogeologia. Guarulhos: Plínio Tomaz, 2011. *E-book*. Disponível em: pliniotomaz.com.br/livros-digitais/. Acesso em: 07 junho. 2019.

VALDIVIESO, Carlos. et al. **Drenagem subterrânea no perímetro irrigado de Maniçoba:** critérios de dimensionamento e avaliação de performance. Pesq. agropec. bras. Brasília. 1988

VENTERMATTI, José Carlos. **Curso básico de geotêxtis.** [s.l]: Comitê técnico geotêxtil (CTB), 2001.

VENTERMATTI, José Carlos. **Manual brasileiro de geossintéticos.** [s.l]: Blucher, 2004.