

AVALIAÇÃO DO PLANO SISTEMATIZADO E ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO DO GRAMADO DA ARENA CASTELÃO EM FORTALEZA-CE

RAUL FELIPE ROCHA DOS SANTOS¹; RAIMUNDO NONATO TÁVORA COSTA²; JOSÉ ARNALDO FARIAS SALES³; PEDRO VICTOR VERAS PAIVA⁴ E HELLEN KARINE GOMES MOREIRA⁵

¹Engenheiro Agrônomo, Universidade Federal do Ceará – Campus do Pici, Av. Humberto Monte, 60455-760, Fortaleza, Ceará, <https://orcid.org/0009-0001-6895-8077>, E-mail: raulfeliperocha@outlook.com

²Prof. Doutor, Depto de Engenharia Agrícola, UFC – Campus do Pici, Av. Humberto Monte, 60455-760, Fortaleza, Ceará, <https://orcid.org/0000-0001-6245-7768>, E-mail: rntcosta@ufc.br

³Eng. Agrônomo, Depto de Engenharia Agrícola, UFC – Campus do Pici, Av. Humberto Monte, 60455-760, Fortaleza, Ceará, E-mail: jfarias.sales@gmail.com

⁴Doutorando em Engenharia Agrícola, Depto de Engenharia Agrícola, UFC - Campus do Pici, Av. Humberto Monte, 60455-760, Fortaleza, Ceará, <https://orcid.org/0000-0003-2315-3299>, E-mail: pedro_veras2007@hotmail.com

⁵Mestranda em Engenharia Agrícola, Depto de Engenharia Agrícola, UFC – Campus do Pici, Fortaleza, Av. Humberto Monte, 60455-760, Fortaleza, Ceará, <https://orcid.org/0009-0009-7787-3831>, E-mail: hellen.gomes@alu.ufc.br

RESUMO: O estudo foi realizado no gramado da Arena Castelão (Fortaleza-CE), com o objetivo geral de diagnosticar o plano sistematizado (topografia) e atributos físicos do solo quanto à drenagem superficial, transmissão de água no solo e resistência mecânica à penetração. Os objetivos específicos foram mapear a topografia para avaliar a eficiência do escoamento superficial; quantificar a velocidade de infiltração básica do solo (VIB) e condutividade hidráulica do solo saturado (Ko) e identificar camadas compactadas via resistência à penetração. A topografia foi analisada com estação total (83 pontos) e os softwares *DataGeosis* e *Surfer*; a infiltração pelo método do cilindro-infiltrômetro; a Ko com permeâmetro de carga constante e a resistência do solo à penetração com um penetrômetro de impacto. Os resultados indicam que há ocorrência de declividades irregulares no lado oeste (contrariando o padrão FIFA de 0,5%); VIB de 154,9 mm h⁻¹ ("muito alta"); Ko entre 114,3–236,0 mm h⁻¹ ("alta a muito alta"); resistência à penetração crítica (>4,53 MPa) abaixo de 0,12m próximo aos gols. Conclui-se que ajustes topográficos e manejo da compactação são essenciais para manter padrões internacionais de segurança e desempenho.

Palavras-chave: Drenagem, Infiltração, Compactação.

EVALUATION OF THE SYSTEMATIZED PLAN AND PHYSICAL ATTRIBUTES OF THE SOIL OF THE ARENA CASTELÃO TURF IN FORTALEZA-CE

ABSTRACT: The study was conducted on the turf of Arena Castelão (Fortaleza-CE, Brazil), with the general objective of developing a systematized plan (topography) and evaluating physical soil attributes such as surface drainage, water transmission, and mechanical resistance. The specific objectives were to map topography to evaluate surface drainage efficiency, quantify basic infiltration velocity (VIB) and saturated hydraulic conductivity (Ko); and identify compacted layers via penetration resistance. Topography was analyzed using a total station (83 points) and *DataGeosis/Surfer* software; infiltration via double-ring infiltration method; Ko was analyzed with a constant head permeameter; and resistance was analyzed with an impact penetrometer. The results indicate irregular slopes on the west side (in contrast to the 0.5% standard of the FIFA); VIB of 154.9 mm h⁻¹ ("very high"); a Ko between 114.3–236.0 mm h⁻¹ ("high to very high"); and critical penetration resistance (>4.53 MPa) below 0.12 m near the goal areas. It is concluded that topographic adjustments and compaction management are essential for maintaining international safety and performance standards.

Keywords: Drainage, infiltration, Compaction.

Recebido em 05/11/2025 e aprovado para publicação em 10/12/2025

DOI: <http://dx.doi.org/10.17224/EnergAgric.2025v40p138-147>

1 INTRODUÇÃO

A Arena Castelão, localizada em Fortaleza, Ceará, é um dos estádios mais importantes do Brasil. Construído em 1973 e reformado em 2012 para a Copa do Mundo FIFA de 2014, o estádio reconhecido internacionalmente, sediando eventos como Libertadores, Copa Sul-Americana e Campeonato Brasileiro. Além disso, está concorrendo como possível sede da Copa do Mundo Feminina da FIFA em 2027 que acontecerá no Brasil (SESPORTE 2024), o que exige sua importância em nível global.

Devido a sua importância no cenário do futebol nacional e internacional, a Arena Castelão tem recebido uma carga crescente de eventos. Em 2024, o estádio sediou 63 jogos oficiais e um show, impondo desafios consideráveis à manutenção do gramado. O uso intensivo resulta em desgaste excessivo, como compactação do solo e danos à grama, fatores que comprometem a qualidade do campo e podem impactar tanto o desempenho dos atletas quanto a segurança durante as partidas.

A qualidade do gramado é essencial para a jogabilidade, a segurança dos atletas e a experiência dos torcedores. Estádios com campos bem cuidados são mais aptos a sediar eventos internacionais, o que eleva a visibilidade do futebol nacional. Gramados bem mantidos proporcionam uma melhor dinâmica nas partidas e reduzem o risco de lesões. No entanto, a manutenção eficiente exige não apenas trabalho manual, mas também o uso de tecnologias e práticas de manejo adequadas.

A realização de testes regulares no gramado é fundamental para monitorar sua condição. Testes de uniformidade, compactação e análise da drenagem permitem identificar problemas precocemente, possibilitando uma manutenção preventiva e corretiva mais eficaz. Esses dados também ajudam a otimizar o uso dos recursos e garantir a segurança e o desempenho do campo para jogos de alto nível. Portanto, a realização de testes técnicos no gramado da Arena Castelão é fundamental para avaliar sua condição atual e orientar futuras decisões de manutenção. Esses

testes são cruciais para garantir a longevidade e a qualidade do campo, proporcionando um ambiente seguro para os atletas e uma experiência positiva para os torcedores, além de contribuir para a excelência do futebol no Brasil.

O objetivo geral desta pesquisa consistiu em realizar uma análise diagnóstica do plano sistematizado considerando as condições de escoamento superficial (drenagem superficial), a transmissão de água no solo e a resistência do solo à penetração. Para isso, estabeleceram-se os seguintes objetivos específicos: - efetuar um levantamento planialtimétrico georreferenciado para mapear a topografia da área e avaliar a eficiência do sistema de drenagem superficial atual; - diagnosticar as características de infiltração de água no solo por meio do método do infiltrômetro de cilindros concêntricos; - determinar em laboratório a condutividade hidráulica do solo saturado (K_o) com o uso de um permeâmetro de carga constante; e avaliar a resistência do solo à penetração com um penetrômetro de impacto.

A integração desses objetivos permitiu uma abordagem multidisciplinar, vinculando dados topográficos, hidrofísicos e mecânicos para propor melhorias no plano sistematizado. Isso inclui ajustes na declividade do terreno para otimizar o escoamento superficial, práticas de manejo para reduzir a compactação do solo (subsolagem seletiva) e aprimoramentos na infraestrutura de drenagem superficial, garantindo maior eficiência e sustentabilidade no crescimento e desenvolvimento adequado do gramado.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido no gramado da Arena Castelão, em Fortaleza-CE, mediante convênio técnico-científico entre a Universidade Federal do Ceará (UFC), a Secretaria de Esportes do Estado do Ceará (Sesporte) e a empresa Campanelli Gramados Esportivos e Áreas Verdes, responsável pela manutenção fitotécnica do gramado.

A Figura 1 mostra os locais dos testes e coleta de amostras de solo, sendo que o teste de

infiltração de água no solo foi realizado no ponto 1, com o propósito de realizar análise comparativa com teste realizado no dia 12 de

dezembro de 2012, quando da reforma do estádio para a Copa das Confederações e Copa do Mundo.

Figura 1. Local de testes de campo e coleta de amostras de solo.



Fonte: Autor (2024)

Para a análise topográfica do relevo do campo foram coletados 83 pontos altimétricos, distribuídos estrategicamente para garantir precisão e representatividade. Desses, quatro pontos foram posicionados nos vértices das áreas de escanteio, delimitando os limites do terreno, enquanto 79 pontos foram distribuídos uniformemente ao longo do gramado, abrangendo áreas planas, declives e zonas críticas de interesse. A coleta dos dados foi realizada utilizando uma estação total Ruide RTS-820, equipamento de alta precisão que combina medições angulares e de distância, seguindo o método de levantamento por irradiação. Esse método consiste em posicionar o equipamento em um ponto fixo (estação) e medir coordenadas (X, Y, Z) de múltiplos pontos a partir dessa referência, garantindo agilidade e consistência nas medições.

Os dados brutos coletados pela Estação Total foram importados para o software

DataGeosis, onde foram processados para calcular as coordenadas UTM (Universal Transversa de Mercator) de cada um dos 83 pontos topográficos. Posteriormente, as informações georreferenciadas foram transferidas para o programa Surfer 8.0 (Golden Software), utilizado para a elaboração das curvas de nível por meio de interpolação espacial. O processo incluiu a aplicação do método de interpolação Krigagem Ordinária (ou Inverso da Distância Ponderada, conforme configuração do projeto), garantindo precisão na representação das variações altimétricas do terreno. A equidistância vertical definida para as curvas foi de 0,03 m, permitindo identificar micro desníveis críticos para a análise de escoamento superficial e drenagem.

No teste de infiltração utilizaram-se dois cilindros de chapas com 0,30 e 0,20 m de diâmetro, respectivamente, ambos com 0,20 m de altura. Utilizaram-se ainda os seguintes

instrumentos auxiliares: régua graduada para medição do nível da água no cilindro, plástico preto fino usado no início do teste para impedir a infiltração quando a água fosse introduzida no cilindro, além de cronômetro e um nível de pedreiro.

No procedimento de campo instalaram-se os dois cilindros no solo até uma profundidade de 0,05 m buscando-se um perfeito contato do solo com as paredes dos cilindros. Em seguida cobriu-se o fundo do cilindro central com o plástico e introduziu-se água no cilindro interno e externo até próximo do bordo superior. Retirou-se o plástico e, imediatamente, realizou-se a primeira leitura de lâmina infiltrada, utilizando a régua graduada.

As leituras de nível d'água e o tempo em que se fizeram as referidas medições foram anotados em uma planilha auxiliar, sendo que os intervalos de tempo de medições no início foram menores, em função do processo de infiltração ser mais rápido no início. Os níveis d'água nos dois cilindros foram mantidos aproximadamente iguais, procedendo-se ao reabastecimento dos mesmos durante os testes.

Os valores de lâminas infiltradas acumuladas em função do tempo acumulado foram analisados por meio de regressão, conforme modelo estatístico potencial, que melhor se ajusta ao comportamento físico do processo de infiltração, na forma:

$$Z = KTa \quad (1)$$

em que:

Z: lâmina de infiltração acumulada, mm;

T: Tempo de infiltração acumulado, min;

K e a: parâmetros empíricos do modelo obtidos por regressão.

A equação de velocidade de infiltração instantânea (q) foi obtida por derivação da equação de infiltração acumulada (Z) em relação ao tempo, ou seja;

$$q = dZ/dT \text{ e, portanto,}$$

$$q = K' \cdot T^n \quad (2)$$

em que,

q: velocidade de infiltração instantânea, mm h⁻¹;

T: Tempo acumulado, min;

K' e n: parâmetros empíricos do modelo.

Amostras não deformadas de solo foram coletadas em quatro pontos georreferenciados do campo de futebol visando preservar a estrutura natural do material para análise da condutividade hidráulica do solo saturado. Os locais de amostragem incluíram: Ponto 1: Próximo à área de execução do ensaio de infiltração; Ponto 2: Área do gol norte; Ponto 3: Centro geométrico do campo; Ponto 4: Área do gol sul.

No laboratório, as amostras foram inicialmente postas para saturar em uma bandeja com água elevada até um terço da altura do cilindro, possibilitando a ascensão da água no perfil da amostra por um tempo de 24 horas, e em seguida, no topo de cada uma delas foi acoplado um cilindro com as mesmas dimensões para introduzir uma carga hidráulica durante os testes. Na sequência realizaram-se os testes de condutividade hidráulica do solo saturado (K_o) por meio de um permeâmetro de carga constante, equipado com um frasco de Mariotte para garantir a manutenção da carga hidráulica durante o teste. Na aferição da condutividade hidráulica do solo saturado (K_o) utilizou-se a seguinte equação:

$$K_o = \frac{Va.L}{A.t(h+L)} \quad (3)$$

em que:

Va: Volume de água percolada durante o tempo t;

A: Área da secção transversal da amostra;

L: Comprimento da amostra;

h: Potencial de pressão (= carga hidráulica) no topo da amostra.

O ensaio de resistência do solo à penetração foi realizado por meio de um penetrômetro de impacto modelo Stolf (1991). Foram avaliados quatro pontos georreferenciados, nos locais de coleta de amostras para análise de K_o, garantindo consistência espacial na correlação entre resistência mecânica e parâmetros hidráulicos. Segundo investigações conduzidas por Stolf na década de 1990, um protocolo foi estabelecido para interpretar medições de penetrômetros de

impacto como valores de resistência do solo à penetração.

O trabalho integrou fundamentos teóricos e experimentos práticos, examinando três equações comumente aplicadas na engenharia civil para traduzir o número de golpes por decímetro (golpes/dm) em resistência dinâmica do solo (kgf/cm^2).

O modelo matemático adotado para o equipamento desenvolvido por Stolf, amplamente difundido no Brasil, é definido pela relação: $R (\text{kgf/cm}^2) = 5,6 + 6,89N$ (golpes/dm).

Na agricultura, essa técnica assume relevância ao quantificar a resistência mecânica do solo de forma confiável, subsidiando decisões estratégicas. Sua aplicação permite mapear áreas compactadas, avaliar condições ideais para desenvolvimento radicular e orientar práticas de manejo que preservem a saúde do solo. As características do penetrômetro usado em campo são as seguintes: peso de 1,64 kg com impacto em curso de queda livre de 0,36 m; área de base do cone de 2,27 cm^2 e massa dos demais componentes de 1,53 kg.

Os pontos escolhidos tiveram como referências os locais onde foram coletadas as amostras não deformadas para os testes de condutividade hidráulica do solo saturado, sendo os dados de impactos e profundidades anotados em uma planilha, com vistas ao posterior cálculo da resistência à penetração, sendo esta realizada em uma planilha do Excel.

A partir dos dados coletados calculou-se a resistência mecânica do solo em planilha do

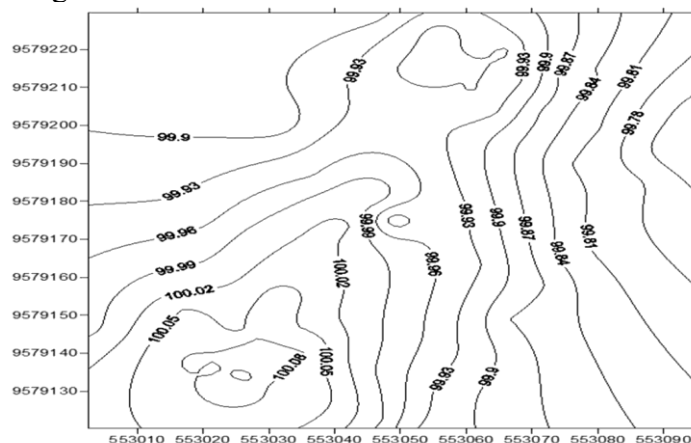
Excel seguindo uma sequência metodológica padronizada: inicialmente, a quantidade de impactos aplicados foi dividida pelo valor de penetração correspondente (em cm), obtendo-se um índice que relaciona a energia dispendida à profundidade atingida.

Em seguida, o resultado foi convertido para decímetros (dm), ajustando a escala para compatibilizar unidades e permitir a aplicação da fórmula de força. Com base nessa relação, determinou-se a resistência à penetração em quilogramas-força por centímetro quadrado (kgf/cm^2), considerando a área transversal do penetrômetro. Para padronização, os valores em kgf/cm^2 foram convertidos para megaPascal (MPa) utilizando o fator de conversão (Stolf, 1991).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 2 estão representadas as curvas de nível do plano sistematizado do campo de acordo com dados coletados no dia 05/11/2024, as quais demonstram gradientes de declives regulares médios de 0,5% para o sentido leste tomando-se como referência o centro do campo. Cabe destacar que este declive ocorre regularmente em toda a extensão do campo, do centro para o sentido leste. Do meio de campo para o sentido norte observam-se declives médios de 0,2%, porém não regulares, no entanto do meio de campo para o sentido sul, o que se verifica é um plano sistematizado contrário ao que se esperava, porquanto se observam aclives médios de 0,2%.

Figura 2. Curvas de nível do gramado da Arena Castelão em 05 de novembro de 2024.

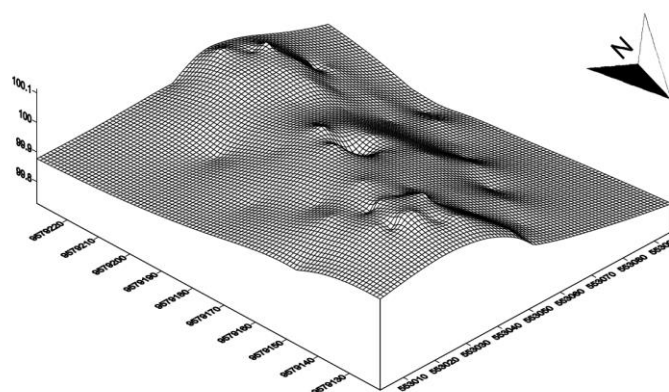


A Figura 3 apresenta um modelo tridimensional do relevo do gramado. Cabe destacar que por ocasião da reforma do estádio Castelão para a Copa das Confederações e Copa do Mundo 2014 concluída no final do ano de 2012, as declividades do solo base ou superfície do terreno ficaram com “caimentos a quatro águas” ou seja; gradientes de declives de 0,5% para as laterais e 0,5% para os gols partindo do eixo central do campo, assegurando uma retirada do excesso de água na superfície quando da ocorrência de chuvas muito intensas.

Considerando que a maioria das jogadas ocorre no meio de campo e que uma intensidade

de chuva maior que a capacidade de infiltração do solo provocaria um excesso de água na superfície, há a necessidade de gradientes de declives na direção dos gols e das laterais. Trata-se de uma recomendação padrão para toda construção de estádios de alto nível (CONMEBOL, 2019). Dessa maneira, tomando-se como referência as condições do plano sistematizado para a Copa do Mundo de 2014, verificam-se pequenas alterações no plano sistematizado, não obstante numa magnitude que não viria a comprometer aspectos relacionados à drenagem superficial do campo de jogo.

Figura 3. Superfície de resposta do terreno.



Fonte: Autor (2024)

Na Tabela 1 são apresentados os dados coletados em campo para o estudo das características de infiltração de água no solo, as quais são representadas por meio da Figura 4, que expressa o comportamento da lâmina de água infiltrada acumulada (Z) em função do tempo acumulado (T), respectivamente. Verifica-se elevado valor de coeficiente de determinação (r^2) para o comportamento físico da característica de infiltração de água no solo.

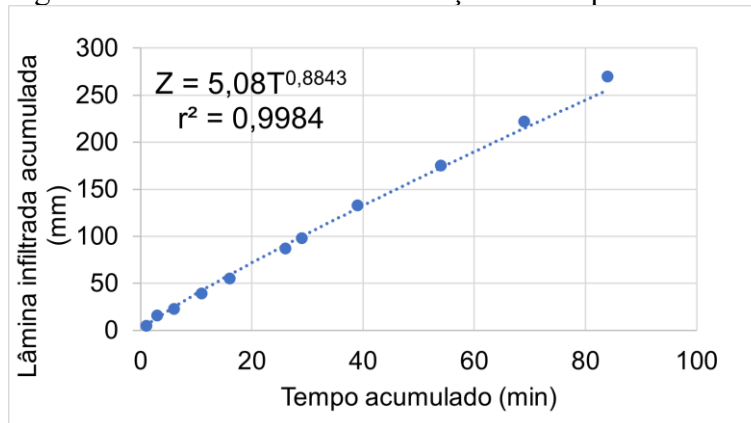
No ensaio de campo verificou-se que decorridos 84 minutos de teste ocorreu uma

lâmina de água infiltrada de 270 mm. Estudo semelhante realizado em 12/12/2012 nas proximidades do local onde este teste foi realizado, por ocasião do final da reforma do campo para a Copa das Confederações de 2013 e Copa do Mundo de 2014, apresentou valor semelhante, com uma lâmina de água infiltrada de 256 mm decorridos 76 minutos de teste (Tabela 2), demonstrando assim uma preservação das características de infiltração de água no solo, mesmo decorridos 12 anos.

Tabela 1. Dados de campo do teste de infiltração de água no solo em 14 de janeiro de 2025.

Tempo Inst. (min)	Tempo acum. (min)	Leitura (cm)	Lâmina Inst. (cm)	Lâmina acum. (mm)
0	-	2,9	0	-
1	1	3,4	0,5	5
2	3	4,5	1,1	16
3	6	5,2	0,7	23
5	11	6,8/1,7	1,6	39
5	16	3,3	1,6	55
10	26	6,5	3,2	87
3	29	7,6/2,2	1,1	98
10	39	5,7/2,4	3,5	133
15	54	6,6/1,6	4,2	175
15	69	6,3/1,7	4,7	222
15	84	6,5	4,8	270

Fonte: Autor

Figura 4. Lâmina de água infiltrada acumulada em função do tempo acumulado.

Fonte: Autor

Tabela 2. Dados do teste realizado em 2012 nos preparativos para a Copa do Mundo de 2014 (04/12/12).

Tempo Inst. (min)	Tempo acum. (min)	Leitura (cm)	Lâmina Inst. (cm)	Lâmina acum. (mm)
0	0	2,4	0,0	0,0
1	1	3,4	10,0	10,0
2	3	4,3/2,0	9,0	19,0
3	6	3,3	13,0	32,0
55	11	5,8/2,9	25,0	57,0
10	16	3,9	10,0	67,0
10	26	5,9/0,5	20,0	87,0
10	36	6,5/2,5	60,0	147,0
10	46	7,1/1,8	46,0	193,0
10	56	3,8/1,7	20,0	213,0
10	66	3,7/1,7	20,0	233,0
10	76	3,7	23,0	256,0

Fonte: Nascimento Filho (2012).

Durante a realização do teste de condutividade hidráulica do solo saturado por meio da técnica do permeâmetro de carga constante, verificada a condição de fluxo permanente, coletou-se o volume de água percolada em um tempo de dez minutos em razão de se observar a elevada transmissão de água e calculou-se a condutividade hidráulica do solo saturado. Na Tabela 3 são apresentados os dados para o cálculo da condutividade hidráulica do solo saturado (K_o) relativos às

quatro amostras de solo do campo de futebol do Estádio Plácido Aderaldo Castelo.

De acordo com Pizarro (1985), os valores de condutividade hidráulica do solo saturado (K_o) podem ser classificados de acordo com as referências apresentadas na Tabela 4. Portanto, os valores obtidos nos testes são classificados na faixa de alta a muito alta condutividade hidráulica do solo saturado, conferindo a uma elevada capacidade de transmissão de água no perfil de solo.

Tabela 3. Dados para cálculo da condutividade hidráulica do solo saturado.

Variáveis	Gol Norte	Gol Sul	Prox. Ao teste de infiltr.	Centro
Va (mL)	119	108	224	102
L(cm)	7,216	7,211	7,11	7,344
A (cm ²)	39,15	38,4	38,2	39,5
h (cm)	3,489	3,437	3,489	2,045
t (min)	10	10	10	10
K_o (mm h ⁻¹)	122,9	114,3	236,0	121,0

Fonte: Autor

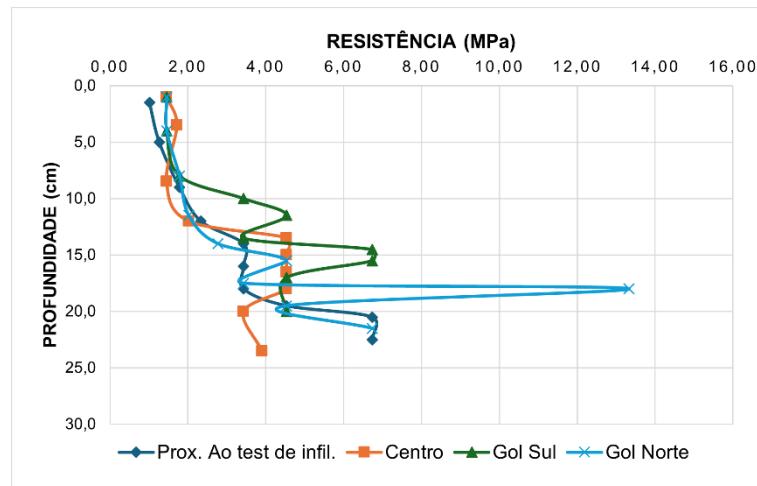
Tabela 4. Classes de condutividade hidráulica do solo saturado.

Classes de K_o	Valores (mm h-1)
Muito baixa	<2,1
Baixa	2,1 – 12,5
Média	12,5 – 41,7
Alta	41,7 – 208,3
Muito alta	>208,3

Fonte: Pizarro (1985).

Na Figura 5 são ilustrados os resultados dos testes de resistência do solo à penetração. Os dados de resistência do solo à penetração, obtidos nos quatro pontos distintos, revelaram

variações significativas, sendo todos comparados com os valores de classificação de resistência à penetração apresentados na Tabela 5.

Figura 5. Resistência do solo a penetração nos demais pontos.

Fonte: Autor

Tabela 5. Classificação da resistência à penetração do solo

Classes	Limites (Mpa)	Limitação ao crescimento das raízes
Muito baixa	< 1,0	Sem limitação
Baixa	1,1 a 2,50	Pouca limitação
Média	2,6 a 5,00	Algumas limitações
Alta	5,1 a 10,00	Sérias limitações
Muito alta	10,10 a 15,00	Raízes praticamente não crescem
Extremamente alta	>15,00	Raízes não crescem

Fonte: Canarache (1990).

O local próximo ao teste de infiltração apresentou valores de resistência baixos a médios na camada de 0 a 0,20 m de profundidade, aumentando para a classe alta após essa profundidade. Isso indica que a zona de crescimento das raízes (0 – 0,20 m) oferece condições favoráveis ao seu desenvolvimento, tornando-se mais restritiva a partir dos 0,20 m.

Já os pontos localizados no gol sul e gol norte exibiram os maiores índices de resistência ao longo do perfil, chegando a apresentar valores que classificam a camada de solo de 0,10 – 0,20 m como de alta resistência à penetração. Esses resultados provavelmente estão associados ao intenso pisoteio nessas regiões durante atividades esportivas, comum em áreas próximas aos gols, onde há maior concentração de jogadores. A compactação excessiva nesses locais pode comprometer o desenvolvimento radicular das gramíneas e a eficiência hídrica, conforme observado por Carrow e Duncan (2011) em campos de futebol profissionais.

O ponto localizado no centro do campo, por sua vez, mostrou valores mais baixos e homogêneos de resistência, indicando uma compactação média na camada de 0,10 – 0,20 m. Essa condição pode ser favorável à infiltração de água e à saúde do gramado, porém está no limite para apresentar valores que possam causar restrição ao crescimento de raízes.

As análises demonstraram que os maiores índices de resistência à penetração foram identificados nas regiões próximas às duas áreas de meta. Esse padrão corrobora os achados de Alfonsi *et al.* (2015), que ao estudar a distribuição espacial da compactação em campos de futebol, registrou picos de resistência à penetração justamente nas proximidades de uma das metas. Segundo o autor, essas áreas estão entre as mais susceptíveis à compactação, devido à intensa movimentação e ao pisoteio recorrente dos jogadores durante as partidas, fatores que reduzem a porosidade do solo e aumentam sua densidade.

4 CONCLUSÃO

Há necessidade de ajustes no plano sistematizado, em especial no lado oeste, tomando como referência o eixo central do campo, como forma de recompor as declividades do solo base ou superfície do terreno para gradientes de declives de 0,5% para as laterais e 0,5% para os gols, conforme foram estabelecidos para a Copa do Mundo de 2014. A técnica de *top dressing* seria recomendável para realizar esta recomposição;

A velocidade de infiltração de água no solo com valor de 154,9 mm h⁻¹ é classificada como “muito alta”, preservando as características de infiltração de água no solo, mesmo decorridos 12 anos da reforma nas condições estruturais do campo;

Os valores de condutividade hidráulica do solo saturado (K_o) estão classificados na faixa de “alta a muito alta” capacidade de transmissão de água no perfil de solo, se constituindo em um atributo favorável a uma drenagem efetiva no perfil do solo;

Em geral, limitações ao crescimento radicular surgem a partir da profundidade de 0,12 m, em especial nas regiões próximas às duas áreas das metas. A maioria dos pontos analisados varia entre as classificações de “boa qualidade” e “baixa qualidade” ao longo do perfil, conforme os critérios estabelecidos pela FIFA (2022).

5 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Federal do Ceará (UFC) pelo suporte institucional; ao Laboratório de Hidráulica do Departamento de Engenharia Agrícola da UFC, pela disponibilização de espaço e materiais; aos discentes do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da UFC, pela colaboração; à Secretaria de Esporte do Estado do Ceará e à Secretaria de Obras Públicas do Estado do Ceará, pelo apoio às atividades realizadas; e à empresa Campanelli Gramados Esportivos e Áreas Verdes, pela parceria e contribuição técnica.

6 REFERÊNCIAS

ALFONSI, L. G.; GODOY, L. J. G.; TIBÃES L. M.; LATORRE, A. S.; BENTO M. S. **Distribuição espacial da compactação do solo e índice de vegetação por diferença normalizada em campo de futebol**. Botucatu: Vlisigra, 2015.

CANARACHE, A. PENETR- a generalized semi-empirical model estimating soil resistance to penetration. **Soil & Tillage Research**, Bucharest, v. 16, n. 1/2, p. 51-70, 1990.

CARROW, R. N.; DUNCAN, R. R. **Best Management Practices for Saline Sodic Turfgrass Soils: Assessment and Reclamation**. 1.ed. Boca Raton: Press, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1201/b11186>. Disponível em: <https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.1201/b11186/best-management-practices-saline-sodic-turfgrass-soils-robert-carrow-ronny-duncan>. Acesso em: 15 fev. 2025.

CONMEBOL. **Guía básico de preparación de campo de fútbol**. Luque: Conmebol, 2019.

FIFA. **FIFA Quality Programme for Football Turf**. Zurich: FIFA, 2022.

NASCIMENTO FILHO, A. A. **Diagnóstico das características de transmissão de água no solo do Estádio Governador Magalhães Pinto - Mineirão**. Fortaleza: Cetrede, 2014.

PIZARRO, F. **Drenaje agrícola y recuperacion de suelos salinos**. 2. ed. Madrid: Agrícola Española, 1985.

SESPORTE. **Relatório de Utilização da Arena Castelão 2024**. Fortaleza: Governo do Ceará, 2024.

STOLF, R. Teoria e teste experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 15, p. 229-235, 1991.