

AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA ESPESSURA DA CAMADA DE SUB-BASE DE UMA SAPATA ISOLADA ASSENTADA EM SOLO MELHORADO ATRAVÉS DA METODOLOGIA POROSIDADE/TEOR VOLUMÉTRICO DE AGENTE CIMENTANTE NO CUSTO PARA EXECUÇÃO DESTA FUNDAÇÃO

Jucimara Cardoso da Silva ¹
Nigério dos Santos Sousa ²
Agleyson Kariel de Souza Fernandes ³
Anny Virgínia Souza de Lima ⁴
Carina Silvani ⁵

RESUMO

A estabilização com agentes cimentantes é uma das possibilidades para construção de edificações em regiões de solo com baixa capacidade de suporte. A mistura do solo local com aditivos, devidamente dosada e compactada, adquire resistência e apresenta durabilidade compatível com os critérios necessários para as construções. Neste trabalho, foi dimensionada e orçada uma sapata isolada assentadas em solo natural do tipo areia e assentada sobre este solo melhorado através da metodologia de dosagem η /Biv com uso de cimento e da cal mais cinza volante, objetivando avaliar a influência da espessura da camada na composição do custo com a execução. Ambas as sapatas foram dimensionadas para assentamento a 1,80 m de profundidade e para solicitação de carga de 175 toneladas oriundas de um pilar centrado de dimensões de 30x60 cm, e assim, pode-se verificar que a sapata em solo natural exige dimensões de 170x90 cm para conseguir suportar a carga do pilar, enquanto a sapata em solo melhorado necessita de dimensões abaixo do recomendado pela norma regulamentadora para projeto e execução de fundações, sendo adotado para este caso uma sapata de 90x60 cm, gerando uma redução de custos de até 49,7%. Este resultado deve-se as menores dimensões necessárias para a sapata assentada em solo com adição de agentes cimentantes e consequente redução dos quantitativos de materiais. E assim, pode-se concluir que a metodologia de dosagem η /Biv apresenta grande potencial de empregabilidade na otimização dos custos com obras de engenharia, sobretudo em regiões com solos de baixa capacidade de suporte.

Palavras-chave: Estabilização de solos; sapata isolada; metodologia de dosagem η /Biv e orçamento.

¹ Graduanda do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, jucimara.engenhariacivil@gmail.com;

² Mestrando do Curso de Engenharia de Materiais da Universidade Federal da Paraíba - UFPB, nigeriocbm@gmail.com;

³ Graduando do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, agleyson_kariel@hotmail.com;

⁴ Graduanda do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, annyvirginias@gmail.com;

⁵ Professor orientador: Carina Silvani: Dr^a, Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, carinasilvani@hotmail.com.

INTRODUÇÃO

A ocupação humana inicialmente desenvolveu-se nas regiões onde os solos possuíam capacidade de suporte adequada as solicitações. Entretanto o aumento da população, tornou necessário a ocupação de área onde os solos não apresentam comportamento adequado ao uso. Logo a oferta de área para construção dotadas de solo com adequada capacidade de suporte é limitado.

O problema de áreas que apresentam solos que não sejam capazes de suportar as cargas das construções humanas pode ser resolvido pela substituição do solo por um material de melhores propriedades ou pela transformação deste em um novo material através das técnicas de estabilização.

A substituição de solos não adequados as construções apresenta-se em desuso. Assim, neste cenário as técnicas de estabilização tornam-se a melhor alternativa para a solução da baixa capacidade de suporte do solo. Técnicas de estabilização de solos são utilizadas pelo homem desde o império romano, porém a escolha dos parâmetros que influenciam no comportamento do solo estabilizado, como teor de agente estabilizante e peso específico tradicionalmente baseiam-se em metodologias não racionais e na experiência do projetista e executor. Limitando, assim a efetividade e repetitividade destas técnicas.

De acordo com Soares (2002), a melhoria de solos tem se tornado usual nos projetos de engenharia civil, pois permite a execução de inúmeras obras ao satisfazer critérios técnicos e econômicos ao mesmo tempo que propiciam a correta utilização do solo. Assim, quando o engenheiro se defronta com solos de qualidade baixa, uma das soluções é investir na estabilização desse material a partir de técnicas que melhoram as propriedades físicas dos solos, transformados em novos materiais geotécnicos e capazes de resistir à estrutura proposta (DONATO, 2007).

Este cenário vem alterando-se com o desenvolvimento da metodologia de dosagem de solo estabilizado com agente cimente baseada na relação porosidade/teor volumétrico de agente cimentante (η/B_{iv}) (FOPPA, 2005; DALLA ROSA, 2009; LOPES JUNIOR, 2011; CONSOLI *et al.*, 2014 (a e b)). Esta metodologia de dosagem embasa-se na afirmação que a resistência do solo estabilizado com um agente cimentante é proporcional a taxa de preenchimento de seus vazios por material cimentante. Esta sistemática permite o estudo da adição de diferentes tipos

e teores de agente cimentante, bem como de diferentes pesos específicos do solo compactado, na busca da adequação do solo ao uso.

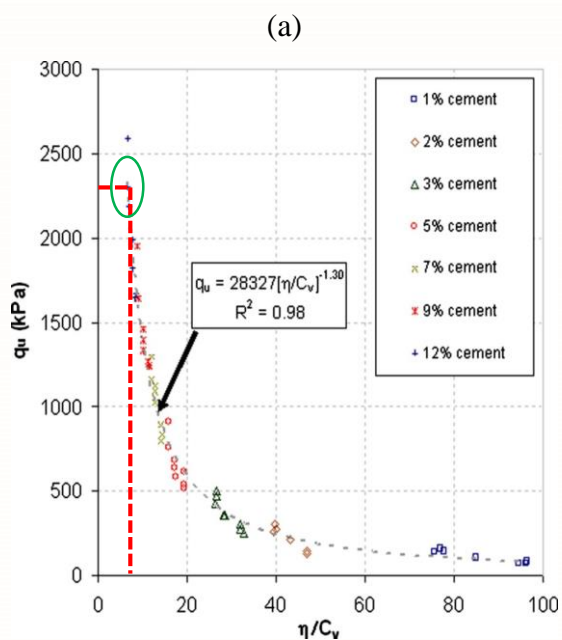
Logo a presente pesquisa, tem como objetivo avaliar a utilização da metodologia de dosagem baseada no coeficiente η/B_{iv} como ferramenta para otimização dos custos para execução de uma fundação superficial, do tipo sapata isolada fazendo-se uso da estabilização química do solo de base através da adição de agentes cimentantes, como o cimento, cal e cinza volante a areia de Osório, visando a diminuição do custo das obras.

METODOLOGIA

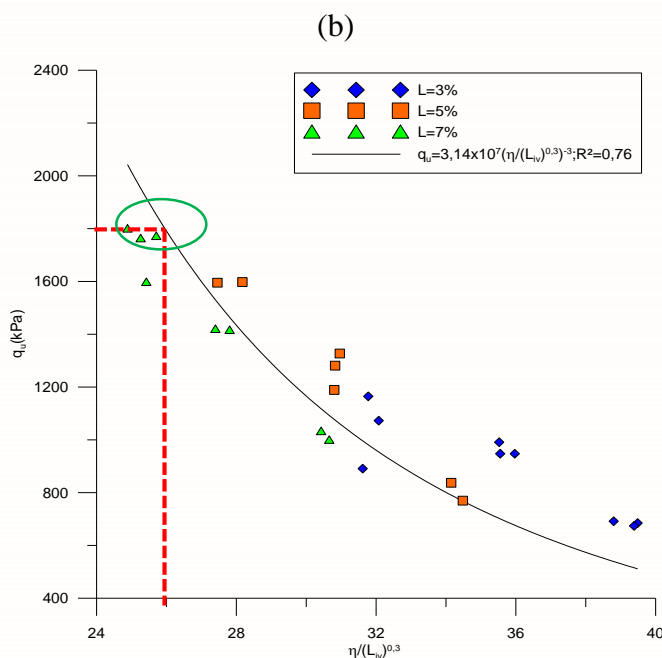
- **Obtenção das Porcentagens de Aglomerante e Porosidade**

Para selecionar uma combinação significativa de teor volumétrico de aglomerante e porosidade para obtenção de uma resistência a compressão simples de 1,8 MPa alcançados através da metodologia de dosagem η/B_{iv} , iniciou-se com a busca na literatura de curvas de dosagem que proporcionam misturas com dois tipos de agentes cimentante: cimento e cal/cinza volante. As curvas adotadas para análise da areia de Osório estabilizada com cimento e cal, respectivamente, são apresentadas nas figuras 1(a e b) e melhor detalhadas no item seguinte.

Figura 1: Curva de dosagem de areia uniforme eólica(a) estabilizado com cimento (b) estabilizado com cal e cinza volante.



Fonte: Consoli *et al.* (2010)



Fonte: Silvani (2013)

Tem-se que o teor volumétrico de aglomerantes relaciona-se com o teor de cal ou cimento adicionado a mistura e a porosidade reflete o peso específico seco no qual o material é compactado. E assim, através de relações matemáticas da mecânica dos solos e a partir dos valores de teor de agente cimentante e porosidade, obtidos na literatura, foi possível calcular o peso específico seco aparente para a compactação da mistura de solo-cimento e solo-cal/cinza volante e os teores de aditivos utilizados, foram extraídos das curvas analisadas escolhendo o teor mais significante para a resistência a compressão simples de 1,8 MPa.

- **Orçamento**

- **Definição dos parâmetros necessários ao dimensionamento estrutural da fundação superficial**

A partir de pesquisas na literatura sobre as fundações mais utilizadas, pode-se observar que a fundação superficial que é mais conhecida e executada em obra trata-se uma sapata corrida. E assim, a presente pesquisa realizou o dimensionamento estrutural de uma sapata corrida sobre a qual será assentado um pilar com carga centrada.

A sapata foi dimensionada para cinco diferentes alternativas sendo estas: sapata assentada em solo natural; sapata assentada em uma camada de solo-cimento de 15 cm de espessura; sapata assentada em uma camada de solo-cimento de 50 cm de espessura; sapata assentada em uma camada de solo-cal/cinza volante de 15 cm de espessura e sapata assentada em uma camada de solo-cal/cinza volante de 50 cm de espessura. Para definição do dimensionamento estrutural das fundações fez-se necessário o conhecimento prévio de algumas características do solo, bem como a adoção de parâmetros para os materiais que serão utilizados na execução da sapata corrida, como mostrado na Tabela 1.

Tabela 1: Informações para o dimensionamento da sapata

Tipo de Solo	Areia
Local	Osório
Tipo de Fundação	Sapata corrida
Profundidade de assentamento	1,80 m
Ângulo de atrito do solo	37°
Coesão do solo natural	0 kPa
Coesão do solo melhorado = RCS	1800 kPa
Bitola de aço utilizado	12,5 mm
Energia de compactação	Intermediária
Fck	25 MPa
Fyd	500 MPa
Dimensões do pilar centrado na sapata	30 x 60 cm
Solicitação de carga	175 toneladas

Fonte: Autoria Própria

Em seguida, foram elaboradas um orçamento para cada espessura de solo melhorado com aglomerante e em solo natural, onde os preços unitários dos materiais dos serviços intermediários e finais foram adquiridos da planilha de insumos do SINAPI da cidade de João Pessoa na Paraíba para o mês de julho de 2019.

DESENVOLVIMENTO

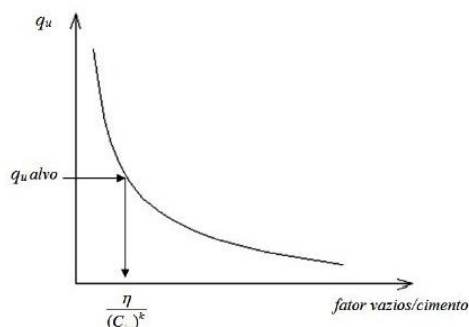
- **Fundações Superficiais**

Fundação é o conjunto formado por um elemento estrutural e o solo responsável por absorver as solicitações advindas das construções. De acordo com a ABNT NBR 6122:2010, as fundações superficiais são aquelas que transmitem as cargas ao terreno apenas pelas tensões distribuídas sob a base do elemento, considerando apenas o apoio da peça sobre a camada do solo. Este tipo de fundações incluem as sapatas, blocos, radier, sapatas associadas, vigas de fundação e sapatas corridas, onde as sapatas são executadas em concreto armado e podem possuir espessura constante ou variável. A sapata corrida fica sujeita a cargas distribuídas linearmente.

- **Metodologia Baseada na Razão entre a Porosidade/Teor de Agente Cimentante**

Consoli *et al.* (2007) encontrou que os parâmetros que controlam a resistência de um solo artificialmente cimentado são a porosidade e o teor volumétrico de cimento em relação análoga a relação água/cimento no concreto. A partir desses parâmetros os pesquisadores propuseram uma metodologia de dosagem racional do solo-cimento que permite a variação destes elementos na busca da combinação mais econômica. O método consiste na obtenção de uma curva exponencial porosidade/teor volumétrico de cimento (η/C_{iv}) versus resistência à compressão simples, após o estabelecimento desta verifica-se por meio do gráfico qual o fator η/C_{iv} que corresponde à resistência à compressão simples desejada. Este fator pode ser obtido através de várias combinações dos parâmetros estudados, logo é possível escolher a porosidade e a quantidade de cimento necessário para a obtenção da resistência requerida como ilustra a Figura 3. A variação da porosidade é função da variação peso específico seco da mistura e a variação do teor volumétrico de agente cimentante é função da porcentagem de material cimentante adicionado à mistura.

Figura 3: Curva de dosagem para solo-cimento.



Fonte: Foppa (2005).

Consoli *et al.*, (2009) mostrou que esta metodologia pode ser utilizada também para solos tratados com cal, substituindo a variável η/C_{iv} pela porosidade/teor volumétrico de cal (η/L_{iv}). A unificação desta metodologia, para diferentes agentes cimentante, deu-se com a adoção da variável porosidade/teor volumétrico de agente cimente (η/B_{iv}), que será utilizada neste trabalho.

- **Estabilização Química de uma Areia Eólica com base na Relação Porosidade /Teor Volumétrico de Agente Cimentante.**

Consoli *et al.* (2010) estudou um areia uniforme de formação eólica, através da metodologia baseada na relação η/B_{iv} , com o uso de cimento e encontrou a curva de dosagem apresentada na Figura 1 (a). O mesmo material foi estudado por Silvani (2013), porém com o uso de cal e cinza volante como agente cimentante. A curva de dosagem obtida por Silvani (2013) é apresentada na Figura 1(b).

- **Composição Orçamentária**

Orçamento detalhado ou analítico é a ponderação de custo obtida através do levantamento de quantidades de materiais e de serviços, baseando-se no projeto e na estruturação dos seus respectivos preços unitários. O mesmo deverá constar todos os serviços e suas respectivas unidades de medida, extraídos dos projetos executivos e demais especificações técnicas, e por fim, deverá ser exposto numa planilha orçamentária (CORDEIRO, 2007). Nessa pesquisa, as composições de custos unitário para os serviços necessários a execução manual de sapata corrida foram obtidas através da tabela do SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil) mantido pela CAIXA e o custo unitário para estabilização de um solo melhorado com cimento e cinza volante para uma resistência de 1,8 MPa foram adotados a partir dos resultados concluídos por Cardoso (2019) em suas pesquisas sobre otimização da estabilização de solos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos resultados explanados nos Quadro 1 a Quadro 5 pode-se verificar que para a sapata assentada em solo do tipo areia de Osorio em seu estado completamente natural, bem como para a sapata assentada sobre este solo melhorado o serviço mais oneroso consiste na armadura de aço necessária a execução da sapata, conforme o dimensionamento estrutural efetuado para suportar as solicitações de cargas exigidas para a sapata.

- Resultados para a sapata assentada em solo natural

Quadro 1: Orçamento analítico para uma sapata assentada em um solo natural

Discriminação	Consumo	Unidade	Custo Unitário	Subtotal
Escavação de vala	4,62	m ³	R\$ 18,16	R\$ 83,90
Regularização do fundo de vala	3,08	m ³	R\$ 6,81	R\$ 20,97
lastro de concreto magro de 5cm	0,15	m ³	R\$ 222,13	R\$ 34,21
Fôrma da sapata	5,23	m ²	R\$ 29,42	R\$ 153,87
Armadura de aço CA-50 da sapata	57,12	kg	R\$ 9,65	R\$ 551,24
Concreto armado(Fck=25MPa) da sapata	0,42	m ³	R\$ 263,20	R\$ 109,95
Reaterro da vala	4,62	m ³	R\$ 18,12	R\$ 83,71
TOTAL				R\$ 1.037,85

Fonte: Autoria Própria

- Resultados com cinza volante

Quadro 2: Orçamento analítico para uma sapata assentada em uma camada de 15 cm de espessura de solo-cal.

Discriminação	Consumo	Unidade	Custo Unitário	Subtotal
Escavação de vala	3,18	m ³	R\$ 18,16	R\$ 57,73
Estabilização de uma camada de 15 cm de espessura, com 25% de cinza volante + 7 % de cal e peso específico de 16 kN/m ³	0,28	m ³	R\$ 220,77	R\$ 61,93
Regularização do fundo de vala	1,87	m ²	R\$ 6,81	R\$ 12,73
lastro de concreto magro de 5cm	0,09	m ³	R\$ 222,13	R\$ 20,77
Fôrma da sapata	2,59	m ²	R\$ 29,42	R\$ 76,25
Armadura de aço CA-50 da sapata	22,46	kg	R\$ 9,65	R\$ 216,74
Concreto armado(Fck=25MPa) da sapata	0,21	m ³	R\$ 263,20	R\$ 54,48
Reaterro da vala	3,18	m ³	R\$ 18,12	R\$ 57,60
TOTAL				R\$ 558,24

Fonte: Autoria Própria

Quadro 3: Orçamento analítico para uma sapata assentada em uma camada de 50 cm de espessura de solo-cal.

Discriminação	Consumo	Unidade	Custo Unitário	Subtotal
Escavação de vala	3,18	m ³	R\$ 18,16	R\$ 57,73
Estabilização de uma camada de 50 cm de espessura, com 25% de cinza volante + 7 % de cal e peso específico de 16 kN/m ³	0,94	m ³	R\$ 220,77	R\$ 206,42
Regularização do fundo de vala	1,87	m ²	R\$ 6,81	R\$ 12,73
lastro de concreto magro de 5cm	0,09	m ³	R\$ 222,13	R\$ 20,77
Fôrma da sapata	2,59	m ²	R\$ 29,42	R\$ 76,25
Armadura de aço CA-50 da sapata	22,46	kg	R\$ 9,65	R\$ 216,74
Concreto armado(Fck=25MPa) da sapata	0,21	m ³	R\$ 263,20	R\$ 54,48
Reaterro da vala	3,18	m ³	R\$ 18,12	R\$ 57,60
TOTAL				R\$ 702,73

Fonte: Autoria Própria

- Resultados com cimento

Quadro 4: Orçamento analítico para uma sapata assentada em uma camada de 15 cm de espessura de solo-cimento.

Discriminação	Consumo	Unidade	Custo Unitário	Subtotal
Escavação de vala	3,18	m ³	R\$ 18,16	R\$ 57,73
Estabilização de uma camada de 15 cm de espessura, com 12% de cimento e peso específico de 14,6kN/m ³	0,28	m ³	R\$ 90,92	R\$ 25,50
Regularização do fundo de vala	1,87	m ²	R\$ 6,81	R\$ 12,73
lastro de concreto magro de 5cm	0,09	m ³	R\$ 222,13	R\$ 20,77
Fôrma da sapata	2,59	m ²	R\$ 29,42	R\$ 76,25
Armadura de aço CA-50 da sapata	22,46	kg	R\$ 9,65	R\$ 216,74
Concreto armado(Fck=25MPa) da sapata	0,21	m ³	R\$ 263,20	R\$ 54,48
Reaterro da vala	3,18	m ³	R\$ 18,12	R\$ 57,60
TOTAL				R\$ 521,81

Fonte: Autoria Própria

Quadro 5: Orçamento analítico para uma sapata assentada em uma camada de 50 cm de espessura de solo-cimento.

Discriminação	Consumo	Unidade	Custo Unitário	Subtotal
Escavação de vala	3,18	m ³	R\$ 18,16	R\$ 57,73
Estabilização de uma camada de 50 cm de espessura, com 12% de cimento e peso específico de 14,6kN/m ³	0,94	m ³	R\$ 90,92	R\$ 85,01
Regularização do fundo de vala	1,87	m ²	R\$ 6,81	R\$ 12,73
lastro de concreto magro de 5cm	0,09	m ³	R\$ 222,13	R\$ 20,77
Fôrma da sapata	2,59	m ²	R\$ 29,42	R\$ 76,25
Armadura de aço CA-50 da sapata	22,46	kg	R\$ 9,65	R\$ 216,74
Concreto armado(Fck=25MPa) da sapata	0,21	m ³	R\$ 263,20	R\$ 54,48
Reaterro da vala	3,18	m ³	R\$ 18,12	R\$ 57,60
TOTAL				R\$ 581,32

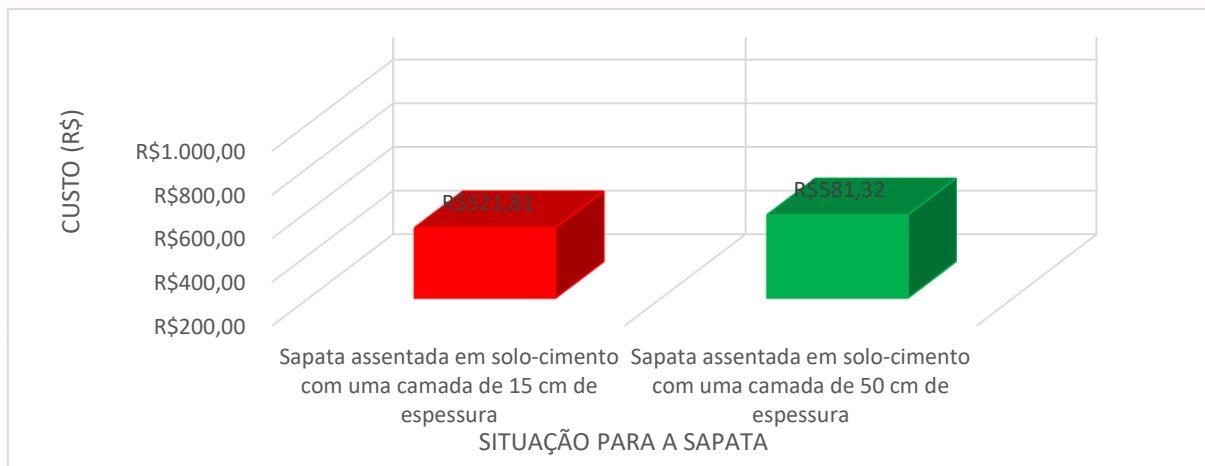
Fonte: Autoria Própria

- Comparação das soluções

Para composição orçamentária do serviço completo da execução da sapata foram considerados os serviços intermediários conforme as planilhas do TCPO 14 desde da escavação da vala ao reaterro da sapata.

De acordo com a Figura 3 pode-se concluir que para a fundação assentada em solo melhorado com 12% de cimento o custo com a execução da sapata isolada aumenta conforme o aumento da espessura da sapata. E ainda, conforme a Figura 3 pode-se observar que a melhor solução para fundação em base de solo-cimento foi a sapata executada com 15 cm de espessura para a camada de solo cimento com custo para execução de R\$ 521,81.

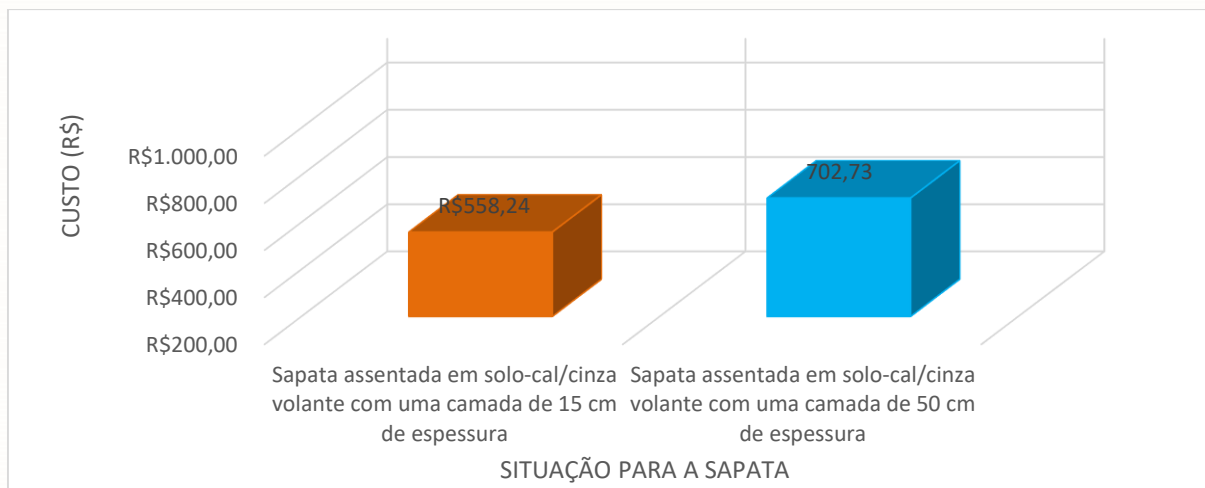
Figura 3: Comparativo do custo para execução da sapata em solo-cimento



Fonte: Autoria Própria

Conforme a Figura 4 pode-se concluir que para a fundação assentada em solo melhorado com 25% de cinza volante oriunda da queima de carvão mineral nas termelétricas mais 7% de cal o custo com a execução da sapata isolada também aumenta conforme o aumento da espessura da sapata. E ainda, como mostra a Figura 4 pode-se observar que a melhor solução para fundação em base de solo-cal/cinza-volante foi a sapata executada com 15 cm de espessura para a camada de solo cimento com custo para execução de R\$ 558,24.

Figura 4: Comparativo do custo para execução da sapata em solo-cal/cinza volante.

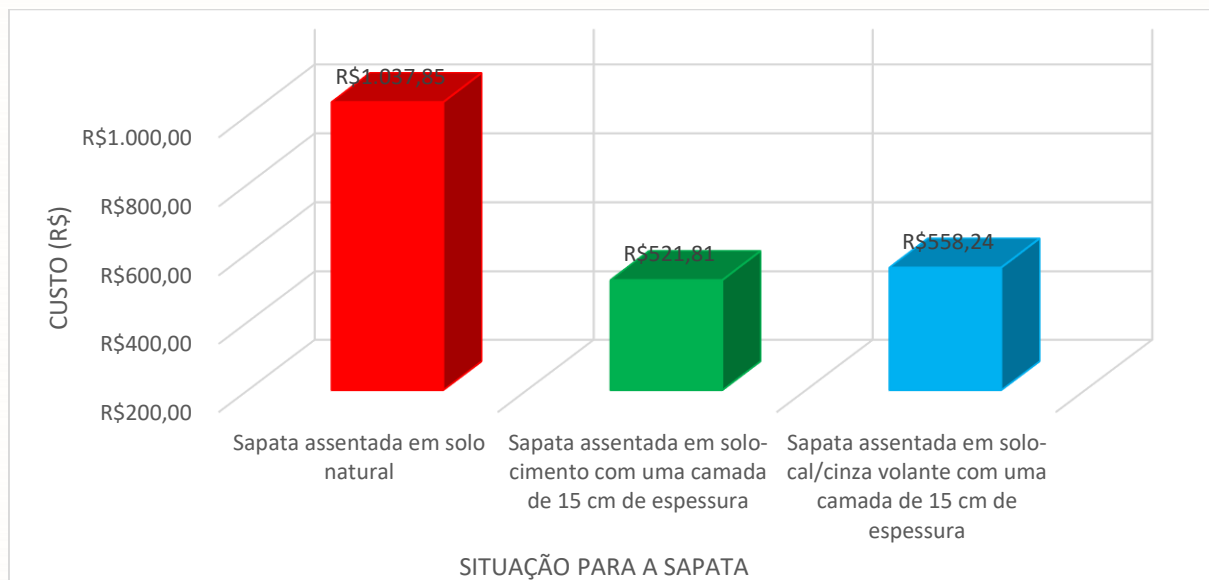


Fonte: Autoria Própria

E assim, pode-se concluir que para os dois tipos de aglomerantes utilizados no melhoramento do solo de base das fundações o serviço de execução da sapata isolada mostrou-se mais econômico quando a espessura da camada de solo melhorado foi de 15 cm. E ao comparar a solução mais econômica para a base de solo-cimento e a de base de solo-cal/cinza volante com o custo para execução da sapata dimensionada para as mesmas solicitações de

cargas assentada sobre solo natural pode-se observar que houve uma otimização dos custos de 49,7% e 46,2% respectivamente, como mostra a Figura 5.

Figura 5: Comparativo do custo para execução da sapata isolada.



Fonte: Autoria Própria

Dentre as soluções aqui apontadas para os diferentes agentes cimentantes utilizados pode-se verificar que a solução que apresentou melhor custo para execução da sapata isolada foi aquela com espessura de 15 cm para a camada de solo melhorado com 12% de cimento, que custou R\$ 521,81, apresentando uma redução de custo de 49,7% em relação a sapata em solo natural e uma redução de 6,5% em relação a sapata assentada em solo melhorado com cal mais cinza volante para uma espessura de 15 cm.

E por fim, pode-se concluir que, para uma fundação superficial do tipo sapata isolada dimensionada para solicitação de carga centrada de 175 toneladas oriundas de um pilar de dimensões 30 x 60 cm assentada em solo natural clasificado como areia, fez-se necessário uma sapata com dimensões de 170 x 90 cm. Enquanto que, para as mesmas solicitações de cargas para uma sapata assentada em solo melhorado com agentes basta apenas uma sapata isolada de dimensões mínimas, sendo adotada para o caso aqui dimensionado, uma sapata de 90 x 60 cm para todas as espessuras da camada, como pode ser visto no Quadro 6.

Quadro 6: Resumo dos resultados do dimensionamento e orçamento das sapatas

SITUAÇÃO	DIMENSÕES (cm)		CUSTO (R\$)	OTIMIZAÇÃO DO CUSTO (%)
	Comprim	Largura		
Sapata assentada em solo natural	170	90	R\$ 1.037,85	
Sapata assentada em solo-cimento com uma camada de 15 cm de espessura	90	60	R\$ 521,81	49,7
Sapata assentada em solo-cimento com uma camada de 50 cm de espessura	90	60	R\$ 581,32	44,0
Sapata assentada em solo-cal/cinza volante com uma camada de 15 cm de espessura	90	60	R\$ 558,24	46,2
Sapata assentada em solo-cal/cinza volante com uma camada de 50 cm de espessura	90	60	702,73	32,3

Fonte: Autoria Própria

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da metodologia de dosagem η /Biv foi possível elaborar 5 diferentes planilhas orçamentárias para execução de uma fundação superficial do tipo sapata isolada, nestas pode-se verificar a influência da espessura da camada de solo melhorado na composição do custo para diferentes aglomerantes utilizados submetido a diferentes peso específico do solo compactado com grau de compactação igual a 100% e energia de Proctor intermediária, usando materiais como o tradicional cimento Portland a novos materiais como a cinza volante para compor a estabilização, e ainda efetuar a comparação de custo para execução da mesma fundação assentada no solo natural. O fator preponderante desta metodologia consiste em melhorar o solo local, sem custo com corte, aterro e expurgo de material.

A partir da elaboração das planilhas orçamentárias para execução de uma sapata isolada dimensionada para uma solicitação de carga de 175 toneladas oriundas de um pilar centralizado no eixo da sapata com dimensões de 30x60 cm pode-se concluir que para uma sapata assentada em uma camada de 15 cm de solo melhorado com cimento e cal/cinza-volante apresentou uma otimização de custo de 49,7% e 46,2% em relação a sapata assentada em solo natural. Já para uma sapata assentada em uma camada de 50 cm de solo melhorado com cimento e cal/cinza-volante apresentou uma otimização de custo de 44,0% e 32,3%, respectivamente, em relação a sapata assentada em solo natural e assim pode-se concluir que essa redução de custos deve-se a diminuição significativa das dimensões da sapata para suporte das mesmas solicitações de cargas, que por consequência reduz significativamente o volume de concreto e a quantidade de aço a ser utilizado na execução das sapatas.

E assim, pode-se então concluir que a metodologia de dosagem η /Biv apresenta grande empregabilidade na redução de custos com execução de fundações superficiais. E de forma

geral, o custo depende da espessura da camada de solo melhorado, bem como do agente cimentante utilizado na composição.

REFERÊNCIAS

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL (CAIXA). **Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil – SINAPI**. João Pessoa, 2019.

CARDOSO, J. S.; SILVANI, C. **Otimização econômica da estabilização de solos para Cidade de Campina grande através da metodologia porosidade/teor volumétrico de agente cimentante**. Projeto de Iniciação Científica (PIVIC) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande-PB, 2019.

CONSOLI, N.C.; CRUZ, R. C.; FLOSS, M. F.; FESTUGATO, L. Parameters Controlling Tensile and Compressive Strength of Artificially Cemented Sand. **J. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering**. v.136, n.5, p.759-763, 2010.

CONSOLI, N.C.; DA ROCHAC, G. ; SILVANI, C. Devising dosages for soil-fly ash-lime blends based on tensile strength controlling equations. **Construction & Building Materials** v. 55, p. 238-245, 2014(a).

CONSOLI, N. C.; SALDANHA, R.B. ; NOVAES, J. F. ; SCHEUERMANN FILHO, H. C. . On the Durability and Strength of Compacted Coal Fly Ash-Carbide Lime Blends. **SOILS & ROCKS**, v. 40, p. 155-161, 2017. (b).

CORDEIRO, F. R. F. S., **Orçamento e Controle de Custos na Construção Civil**, 2007. 65f. Monografia de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) – Escola de Engenharia UFMG, Belo Horizonte, 2007.

DALLA, Rosa. **Estudo dos Parâmetros-Chave no Controle da Resistência de Misturas Solo-Cinza-Cal**. 2009. 200f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

DONATO, Maciel. **Medidas diretas de tensão em solo reforçado com fibras de polipropileno**. 2007. 162 f. Tese (Doutorado em Engenharia) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre - RS, 30 mar. 2007.

FOPPA, D. **Análise de Variáveis-Chave no Controle da Resistência Mecânica de Solos Artificialmente Cimentados**. 2005. 146f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

SILVANI, C. **Influência da Temperatura de Cura da Mistura Areia-Cinza Volante -Cal**. 2013. 127 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2013.

SOARES, Wilson Cartaxo. **Estacas de compactação para melhoria de solos**. 2002. 151 p. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos - SP, 18 dez. 2002.

VARGAS, M. Associação Brasileira De Geologia De Engenharia e Ambiental. **Evolução das Investigações geológicas: Os solos da cidade de São Paulo: Histórico das pesquisas**. São Paulo, 2002. 152 p.

TCPO 14. **Tabela de Composições de Preços para Orçamentos**. 14ªed. São Paulo: Pini, 2012. ISBN: 987-85-7266-251-2.