

**UNIVERSIDADE DO VALE DO PARAÍBA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO DE MESTRADO PROFISSIONAL EM
PROCESSAMENTO DE MATERIAIS**

INDIRA TEIXEIRA BESSA BASTOS DE OLIVEIRA

CONCRETO ANTIÁCIDO PARA O SETOR DE PRÉ-TRATAMENTO DE ESGOTO

ANTI-ACID CONCRETE FOR THE SEWAGE PRE-TREATMENT SECTOR

São José dos Campos

2024

Indira Teixeira Bessa Bastos de Oliveira

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação de Mestrado Profissional em Processamento de Materiais, como complementação dos créditos necessários para obtenção do título de mestre em Processamento de Materiais.

Orientador: Prof. Dr. Fernando dos Santos Ortega

Coorientadora: Profa. Dra. Nara Oliveira Yokoyama

TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE DIVULGAÇÃO DA OBRA

Ficha catalográfica

Oliveira, Indira Teixeira Bessa Bastos de

Concreto antiácido para o setor de pré-tratamento de esgoto / Indira Teixeira Bessa Bastos de Oliveira; orientador, Fernando dos Santos Ortega; co-orientadora Nara Oliveira Yokoyama. - São José dos Campos, SP, 2024.

1 CD-ROM, 75 p.

Dissertação (Mestrado Profissional) - Universidade do Vale do Paraíba, São José dos Campos. Programa de Pós-Graduação em Processamento de Materiais.

Inclui referências

1. Processamento de Materiais. 2. Concreto. 3. Prevenção contra corrosão. 4. Biodegradação. 5. biocorrosão. I. Ortega, Fernando dos Santos, orient. II. Yokoyama, Nara Oliveira, co-orient. III. Universidade do Vale do Paraíba. Programa de Pós-Graduação em Processamento de Materiais. IV. Título.

Eu, Indira Teixeira Bessa Bastos de Oliveira, autor(a) da obra acima referenciada:

Não autorizo a divulgação total ou parcial da obra impressa, digital ou fixada em outro tipo de mídia, bem como, a sua reprodução total ou parcial, devendo ser aguardada a autorização após pedido patente da pesquisa realizada na dissertação.

Declaro, para todos os fins e efeitos de direito, que o Trabalho foi elaborado respeitando os princípios da moral e da ética e não violou qualquer direito de propriedade intelectual sob pena de responder civil, criminal, ética e profissionalmente por meus atos.

São José dos Campos, 2 de julho de 2024.

Documento assinado digitalmente
gov.br INDIRA TEIXEIRA BESSA BASTOS DE OLIVEIRA
Data: 22/07/2024 16:13:01-0100
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Autor(a) da Obra

INDIRA TEIXEIRA BESSA BASTOS DE OLIVEIRA

“CONCRETO ANTI-ÁCIDO PARA O SETOR DE PRÉ-TRATAMENTO DE ESGOTO.”

Dissertação aprovada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre, do Programa de Pós-Graduação em Processamento de Materiais, do Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento da Universidade do Vale do Paraíba - Univap, pela seguinte banca examinadora:

Erika P. Gonçalves	<i>Erika P. Gonçalves</i>
Fernando dos S. Ortega	<i>Fernando dos S. Ortega</i>
Nara O. Yokoyama	<i>Nara O. Yokoyama</i>
José G. da C. Pradella	<i>José G. da C. Pradella</i>
Denise Bevilaqua	<i>Denise Bevilaqua</i>
Vitor P. Pesce de Campos	<i>Vitor P. P. de Campos</i>

Prof.ª Dr.ª Lúcia Vieira

Diretora do IP&D – Univap

São José dos Campos, 09 de abril de 2024.

Aos meus pais Uganda (*in memoriam*) e Helenita,
A minha vó Diva (*in memoriam*) e a minha Tia Corasi (*in memoriam*),
Aos meus filhos Luís, Júlia e Antônio,
A minha irmã Golda,
com muito orgulho.

AGRADECIMENTOS

A Deus e a espiritualidade que orienta o meu caminho tanto nas conquistas quanto nas adversidades, que me ensina através da força, resiliência, sabedoria e pela fé que desistir nunca será uma opção.

À toda a minha família, em especial a minha mãe, ao meu marido, a minha irmã e aos meus filhos por todo amor incondicional, exemplo, apoio e confiança, que mesmo ausentes fisicamente, sempre acreditaram que os objetivos seriam alcançados.

Aos meus orientadores, Prof. Dr. Ortega e Profa. Dra. Nara pela oportunidade, confiança e dedicação e pela grande colaboração para o meu crescimento profissional, acadêmico e, principalmente, pessoal.

À Profa. Vinie Pedra que me apresentou à UNIVAP, ao Programa de Mestrado profissional em Processamento de Materiais e aos irretocáveis laboratórios.

À Profa. Dra. Denise Bevilaqua pela sua disponibilidade e por toda a sua contribuição que foram, definitivamente, essenciais ao desenvolvimento desse trabalho.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, especialmente, ao Instituto de Química de Araraquara/S.P. e aos amigos Bruno, Raul, Guilherme e Ailton.

À Profa. Dra. Ivone Oliveira, coordenadora do Programa de Mestrado Profissional, pela sua paciência, dedicação, pronto-atendimento e visão positiva de futuro.

Ao laboratório da UNAERP, especialmente ao Prof. Dr. Murilo Innocentini.

Ao grupo CURIMBABA, especialmente ao Sr. André Luís, ao Sr. Vitor Polezi e ao Sr. Bruno de Assis pelo exímio suporte operacional.

À ARQ&URB Serviços pelo apoio financeiro.

A todos os profissionais que me ajudaram em todos os seguimentos que foram fundamentais ao desenvolvimento desse projeto.

Aos membros da banca examinadora, por aceitarem o convite e participarem desse momento tão importante.

A todos os amigos e familiares, que de perto ou de longe, de alguma forma contribuíram para a concretização desse trabalho.

A todos, o meu muito obrigada!

“Você deve aprender estar calmo no meio dos afazeres e energicamente vivo
enquanto estiver em repouso”

Indira Gandhi

RESUMO

A presente trabalho pertence ao campo da construção civil para aplicações em estações de tratamento de esgoto (ETE's). As formulações de concreto antiácido, referem-se à composição CAD-AD que utiliza cimento Portland (PO) como o sistema de referência e as composições projetadas ANE-VAC e ANE-VPC em que foi utilizada um ligante hidráulico alternativo ao PO, específico para a área do setor de pré-tratamento de esgoto. A elaboração da composição de concreto deste projeto advém da necessidade de um produto que apresente melhor desempenho acerca da durabilidade em ambientes de ETE's. Entende-se que a durabilidade seja um fator preponderante para a revisão dos custos de execução e de tempo de vida útil de um projeto. As patologias consideradas estão relacionadas à corrosão induzida pela bactéria *Acidithiobacillus thiooxidans* (*At. thiooxidans*) ou biocorrosão. A biocorrosão é um complexo mecanismo de degradação das peças de concreto que gera patologias severas e a diminuição significativa do tempo de existência das peças estruturais. Os sulfatos em conjunto com outras substâncias e características do meio de inserção, possibilitam o crescimento de microrganismos que trabalham em cooperação diminuindo gradativamente o pH da superfície do concreto.^[1] A composição de referência CAD-AD foi elaborada com uso do cimento PO e a incorporação dos agregados miúdos (areia média) e os agregados graúdos (brita zero), aditivado com cristalizante a fim de diminuir a porosidade do sistema de concreto. O cristalizante é um material impermeabilizante por cristalização integral, que foi incorporado a quantidade indicada pelo fabricante na água prevista para o sistema. Na incorporação, os componentes químicos ativos passam a reagir com os constituintes da pasta de cimento e com a umidade existente nos capilares do concreto, formando uma estrutura cristalina insolúvel. Nas formulações projetadas ANE-VAC e ANE-VPC foi utilizado um aglomerante hidráulico alternativo que adicionado aos agregados miúdos (propantes) e aos agregados graúdos (brita zero) demonstraram resultados satisfatórios. As formulações foram preparadas na betoneira e vertidas nas matrizes dos corpos de prova (CDP's) cuja dimensão variava de acordo com a demanda do ensaio ao qual seria submetido. Assim, foram executados corpos de prova cilíndricos com dimensões de 4x8cm, 5x10cm e 10x20cm. Estes foram direcionados para os ensaios previstos no projeto, tais como: ensaio mecânico de resistência à compressão, ensaio "in situ" da estação de tratamento de esgoto (ETE) de Pararangaba, em São José dos Campos, ensaio de densidade, de permeabilidade e análise de microscopia eletrônica de varredura (MEV) e ensaio microbiológico. Ressalta-se que os ensaios de densidade e de permeabilidade foram executados nos CDP's antes e depois de serem expostos ao ambiente da ETE. As formulações projetadas apresentaram alta resistência mecânica, aumento de densidade, apesar da perda de massa, quando se manteve em contato com ambiente do pré-tratamento de esgoto, diminuição da porosidade, dificuldade de adesão de microrganismos à superfície do concreto e incapacidade de a matriz cimentícia ser utilizada como fonte de energia pela bactéria *Acidithiobacillus thiooxidans*. As análises de mercado quanto à durabilidade e financeira também se mostraram prósperas. Os sistemas projetados ANE-VAC e ANE-VPC apresentaram uma previsão de tempo de vida útil 44% superior à composição e referência, tendo um aumento de valor por metro cúbico apenas de 26%.

Palavras-chave: Concreto antiácido, corrosão induzida por microrganismo, biocorrosão, *Acidithiobacillus thiooxidans*, durabilidade.

ABSTRACT

This work belongs to the field of civil construction for applications in sewage treatment plants (STP's). Anti-acid concrete formulations refer to the CAD-AD composition that used Portland cement (PO) as the reference system and designed compositions ANE-VAC and ANE-VPC in which an alternative hydraulic binder to PO was used, specific for sewage pre-treatment sector. The development of the concrete system for this project arises from the need for a product that presents better performance regarding durability in sewage treatment environments. It is understood that durability is a preponderant factor for reviewing execution costs and project's life time. The pathologies considered are related to corrosion induced by the bacteria *Acidithiobacillus thiooxidans* or biocorrosion. Biocorrosion is a complex mechanism of degradation of concrete parts that generates severe pathologies and a significant reduction in the life time of structural parts. Sulphates together with other substances and characteristics of the insertion medium, enable the growth of microorganisms that work in cooperation, gradually decreasing the pH of the concrete surface.^[1] The CAD-AD reference composition was prepared using PO cement and the incorporation of fine aggregates (medium sand) and coarse aggregates (zero gravel), added with crystallizer in order to reduce the porosity of the concrete system. The crystallizer is a waterproofing material through integral crystallization, which has been incorporated in the quantity indicated by the manufacturer into the water intended for the system. Upon incorporation, the active chemical components begin to react with the constituents of the cement paste and with the moisture in the concrete capillaries, forming an insoluble crystalline structure. The designed formulations ANE-VAC and ANE-VPC an alternative hydraulic binder was used, which when added to fine aggregates (proppants) and coarse aggregates (zero gravel) demonstrated satisfactory results. The formulations were prepared in the concrete mixer and poured onto the test specimen matrices (CDP's) whose size varied according to the demands of the test to which they would be subjected. Thus, cylindrical specimens with dimensions of 4x8cm, 5x10cm and 10x20cm were created. These were directed to the tests in the project, such as: mechanical test of compressive strength, "in situ" test of the sewage treatment plant (STP) of Pararangaba, in São José dos Campos city, density, permeability and scanning electron microscopy (SEM) analysis and microbiological assay. It is noteworthy that density and permeability tests were carried out on the samples before and after being exposed to the WWTP environment. The formulation that was designed in this project presented high mechanical resistance, increased density despite the loss of mass when was kept in contact with the sewage environment pre-treatment, decreased porosity, difficulty in adhering microorganisms to the concrete surface and inability of the cement matrix to be used as a source of energy by the bacteria *Acidithiobacillus thiooxidans*. Market analyzes regarding durability and financial also proved to be successful. The systems designed ANE-VAC and ANE-VPC presented a predicted useful life 44% higher than the composition and reference, with an increase in value per cubic meter of only 26%.

Keywords: Anti acid concrete, Microorganism Induced Corrosion, *Acidithiobacillus thiooxidans*, bio-corrosion, durability.