

**Armando Dias Duarte**  
(Organizador)

# ENGENHARIA CIVIL:

Demandas sustentáveis e  
tecnológicas e aspectos ambientais 2



**Atena**  
Editora

Ano 2022

**Armando Dias Duarte**  
(Organizador)

# ENGENHARIA CIVIL:

Demandas sustentáveis e  
tecnológicas e aspectos ambientais 2



**Atena**  
Editora

Ano 2022

**Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Editora executiva**

Natalia Oliveira

**Assistente editorial**

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto gráfico**

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

**Imagens da capa**

iStock

**Edição de arte**

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-Não-Derivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

**Conselho Editorial****Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná



Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista



## Engenharia civil: demandas sustentáveis e tecnológicas e aspectos ambientais 2

**Diagramação:** Camila Alves de Cremo  
**Correção:** Yaidy Paola Martinez  
**Indexação:** Amanda Kelly da Costa Veiga  
**Revisão:** Os autores  
**Organizador:** Armando Dias Duarte

### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E57 Engenharia civil: demandas sustentáveis e tecnológicas e aspectos ambientais 2 / Organizador Armando Dias Duarte. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-258-0384-5

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.845221108>

1. Engenharia civil. I. Duarte, Armando Dias (Organizador). II. Título.

CDD 624

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

**Atena Editora**  
Ponta Grossa – Paraná – Brasil  
Telefone: +55 (42) 3323-5493  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)



**Atena**  
Editora  
Ano 2022

## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



## DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



## APRESENTAÇÃO

A coleção de trabalhos intitulada “*Engenharia civil: Demandas sustentáveis e tecnológicas e aspectos ambientais 2*” é uma obra que tem como foco principal a discussão científica por intermédio de diversos trabalhos que compõe seus capítulos. O volume abordará de forma categorizada e interdisciplinar, pesquisas cujos resultados possam auxiliar na tomada de decisão, tanto no campo acadêmico, quanto no profissional.

Os trabalhos desenvolvidos foram realizados em instituições de ensino, pesquisa e extensão localizadas no Brasil. Nos capítulos apresentados, são encontrados estudos de grande valia nas áreas de: materiais da construção civil, análise de estruturas por meio de métodos numéricos, recursos hídricos e gestão. A composição dos temas buscou a proposta de fundamentar o conhecimento de acadêmicos (as), mestres (as) e todos (as) aqueles (as) que de alguma forma se interessam pela área da Engenharia Civil, através de temáticas atuais com resoluções inovadoras, descritas nos capítulos da coleção. Sendo assim, a divulgação científica é apresentada com grande importância para o desenvolvimento de toda uma nação, portanto, fica evidenciada a responsabilidade de transmissão dos saberes através de plataformas consolidadas e confiáveis, como a Atena Editora, capaz de oferecer uma maior segurança para os (as) novos (as) pesquisadores (as) e os (as) que já atuam nas diferentes áreas de pesquisa, exporem e divulguem seus resultados obtidos.

Armando Dias Duarte

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

#### **ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA DE CHUVA EM BAIRRO DE ELEVADO FLUXO DE VEÍCULOS – ESTUDO DE CASO**

Eduardo Antonio Maia Lins  
Daniele de Castro Pessoa de Melo  
Diogo Henrique Fernandes da Paz  
Sérgio Carvalho de Paiva  
Adriane Mendes Vieira Mota  
Luiz Vital Fernandes Cruz da Cunha  
Luiz Oliveira da Costa Filho  
Fábio José de Araújo Pedrosa  
Fábio Correia de Oliveira  
Rosana Gondim de Oliveira  
Fabio Machado Cavalcanti  
Maria Clara Pestana Calsa  
Fernando Arthur Nogueira Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8452211081>

### **CAPÍTULO 2..... 10**

#### **ANÁLISE DE IMPACTOS AMBIENTAIS EM UMA RODOVIA PERNAMBUCANA**

Eduardo Antonio Maia Lins  
Adriana da Silva Baltar Maia Lins  
Daniele de Castro Pessoa de Melo  
Diogo Henrique Fernandes da Paz  
Sérgio Carvalho de Paiva  
Adriane Mendes Vieira Mota  
Luiz Vital Fernandes Cruz da Cunha  
Luiz Oliveira da Costa Filho  
Fábio José de Araújo Pedrosa  
Fábio Correia de Oliveira  
Rosana Gondim de Oliveira  
Fabio Machado Cavalcanti  
Maria Clara Pestana Calsa  
Fernando Arthur Nogueira Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8452211082>

### **CAPÍTULO 3..... 24**

#### **ANÁLISE AMBIENTAL DOS IMPACTOS NEGATIVOS GERADOS POR CEMITÉRIO – ESTUDO DE CASO**

Eduardo Antonio Maia Lins  
Adriana da Silva Baltar Maia Lins  
Daniele de Castro Pessoa de Melo  
Diogo Henrique Fernandes da Paz  
Sérgio Carvalho de Paiva  
Adriane Mendes Vieira Mota

Luiz Vital Fernandes Cruz da Cunha  
Luiz Oliveira da Costa Filho  
Fábio José de Araújo Pedrosa  
Fábio Correia de Oliveira  
Rosana Gondim de Oliveira  
Andréa Cristina Baltar Barros  
Fabio Machado Cavalcanti  
Fernando Artur Nogueira Silva  
Maria Clara Pestana Calsa

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8452211083>

**CAPÍTULO 4..... 36**

**ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICO DO CONCRETO LEVE COM ARGILA EXPANDIDA E ADIÇÃO DA CINZA DO COCO EM SUBSTITUIÇÃO AO AGREGADO MIÚDO**

João Paulo Monteiro Carvalho  
Simone de França Cardoso  
Wilson Linhares dos Santos  
Mércia Maria Pinheiro Gambarra

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8452211084>

**CAPÍTULO 5..... 49**

**EFFECT OF BASALT POWDER AND METAKAOLIN FILLERS ON ASPHALT MASTIC BEHAVIOR**

Ana Luiza Rezende Rodrigues  
Rodrigo Pires Leandro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8452211085>

**CAPÍTULO 6..... 63**

**MASSA CERÂMICA À BASE DE RESÍDUO DA CONSTRUÇÃO CIVIL PARA IMPRESSÃO 3D POR EXTRUSÃO**

Márcia Silva de Araújo  
Gabriel Elias Toledo Ferreira  
José Alberto Cerri

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8452211086>

**CAPÍTULO 7..... 77**

**VALORIZATION OF SLATE WASTE TO PRODUCE MATERIALS CERAMICS AND COMPOSITES**

Luciana Boaventura Palhares  
Douglas Filipe Galvão  
Tayna E. B. Lucena  
Sthefany B. P. da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8452211087>

**CAPÍTULO 8..... 90**

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA NO COMPORTAMENTO MECÂNICO DE PAVERS**

## PRODUZIDOS COM O USO DE SÍLICA ATIVA

Martônio José Marques Francelino

Fred Rodrigues Barbosa

João Manoel de F. Mota

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8452211088>

### **CAPÍTULO 9..... 103**

#### **AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE ARGAMASSA PRODUZIDO COM AGLOMERANTE ÁLCALI-ATIVADO À BASE DE RCV E CINZAS**

Otacisio Gomes Teixeira

Mateus Ribeiro Caetano

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8452211089>

### **CAPÍTULO 10..... 113**

#### **ASPECTO HISTÓRICO DO PROJETO DO RESERVATÓRIO DO RIO ARICANDUVA NA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO SOB O ASPECTO HIDROLÓGICO**

Ariston da Silva Melo Júnior

Claudia de Oliveira Lozada

João Jorge Pereira da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.84522110810>

### **CAPÍTULO 11..... 125**

#### **ANÁLISE ESTRUTURAL DE EDIFICAÇÕES DAS ÁREAS RIBEIRINHAS PÓS DESASTRE: UM OLHAR PARA O BANCO DA VITÓRIA, ILHÉUS-BA**

Igor Ângelo Lobão de Souza

Joandre Neres de Jesus

Vanessa Neri de Souza

Kaique Ourives Silva

Ozana Almeida Lessa

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.84522110811>

### **CAPÍTULO 12..... 138**

#### **ESTUDO DA CAPACIDADE DE SUPORTE DA PRAIA DO BAIRRO NOVO, OLINDA, PERNAMBUCO**

Eduardo Antonio Maia Lins

Daniele de Castro Pessoa de Melo

Diogo Henrique Fernandes da Paz

Sérgio Carvalho de Paiva

Adriane Mendes Vieira Mota

Luiz Vital Fernandes Cruz da Cunha

Luiz Oliveira da Costa Filho

Fábio José de Araújo Pedrosa

Fábio Correia de Oliveira

Rosana Gondim de Oliveira

Fabio Machado Cavalcanti

Maria Clara Pestana Calsa

Fernando Arthur Nogueira Silva

Hugo Vinicius Arruda de Sales

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.84522110812>

**CAPÍTULO 13..... 155**

**TAIPA DE PILÃO: UMA TÉCNICA CONSTRUTIVA COM TERRA**

Kauan de Jesus Oliveira

Júlio Coura Diniz

Erick Roberto Campos

Sayonara Espinoza Silva

Samuel Velasques Fernandes de Noronha

João Victor Rech Ruiz da Silva

Muriellen Cristina Cavalheiro da Frota Monteiro

Rafael Luis da Silva

Alex Gomes Pereira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.84522110813>

**CAPÍTULO 14..... 165**

**ANÁLISE POR ELEMENTOS FINITOS DE VIGAS EM CONCRETO ARMADO ATRAVÉS DO SOFTWARE ANSYS**

Henrique Cardoso Koch

Bruna Manica Lazzari

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.84522110814>

**CAPÍTULO 15..... 214**

**ANÁLISE NUMÉRICA DE ATERRO TESTE SOBRE SOLO ARGILOSO MUITO MOLE REFORÇADO COM COLUNAS DE BRITA**

Pedro Gomes dos Santos Pereira

Bruno Teixeira Lima

Marcus Peigas Pacheco

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.84522110815>

**CAPÍTULO 16..... 225**

**ANÁLISE ESTRUTURAL ELÁSTICA LINEAR DE VIGAS DE CONCRETO ARMADO POR DIFERENTES MODELOS DE CÁLCULO: UM ESTUDO DE CASO**

Ray Calazans dos Santos Silva

Luan Reginato

José Anchieta Damasceno Fernandes Neto

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.84522110816>

**CAPÍTULO 17..... 241**

**GERENCIAMENTO, CONTROLE E APLICAÇÃO DO MÉTODO - *LEAN CONSTRUCTION* NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

Diego Ramos de Melo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.84522110817>

**SOBRE O ORGANIZADOR..... 255**

**ÍNDICE REMISSIVO..... 256**

## ASPECTO HISTÓRICO DO PROJETO DO RESERVATÓRIO DO RIO ARICANDUVA NA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO SOB O ASPECTO HIDROLÓGICO

*Data de aceite: 01/08/2022*

*Data de submissão: 08/07/2022*

### **Ariston da Silva Melo Júnior**

Doutor pela Unicamp e Pós- Doutor pelo IPEN/  
USP  
São Paulo (SP), Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/0010807076892082>

### **Claudia de Oliveira Lozada**

Doutora pela USP e Pós- Doutora pela UFABC  
São Paulo (SP), Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/0159685938643830>

### **João Jorge Pereira da Silva**

Mestre pela FIAM-FAAM  
São Paulo (SP), Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/2994268404323406>

**RESUMO:** Desde o surgimento das primeiras civilizações na Mesopotâmia, berço dos impérios Babilônio e Assírio. O homem vem tendo uma forte ligação com a água. As primeiras civilizações começaram de modo rudimentar a estudar o comportamento das enchentes de modo a criar os primeiros sistemas de irrigação, bem como saber administrar os períodos de enchentes. Nos dias atuais, com a modernidade e o crescimento urbano fez com que seja cada vez mais importante o estudo da infraestrutura urbana, de modo a evitar ou diminuir as perdas materiais e de vidas, pelas chuvas intensas. A alta impermeabilização do solo pelo efeito de emprego de concreto e asfalto fez com que fosse necessário o estudo de metodologias de projetos

para captação de chuvas, tais projetos são os denominados reservatórios. São projetos que se popularizaram no Brasil ao final da década de 1990 e que vem sendo empregados em várias regiões do Brasil. Vale destacar a cidade de São Paulo que com seu crescente número populacional trouxe a necessidade de contenção de inundações. Entre os projetos de reservatórios vale destacar o reservatório do rio Aricanduva, localizado na região leste da área metropolitana de São Paulo. Sua construção e operação são objetos de estudo para o presente trabalho.

**PALAVRAS-CHAVE:** Piscinão; inundação; hidrologia; hidráulica.

### HISTORICAL ASPECT OF THE ARICANDUVA RIVER RESERVOIR PROJECT IN THE METROPOLITAN REGION OF SÃO PAULO FROM THE HYDROLOGICAL ASPECT

**ABSTRACT:** Since the birth of the first civilizations in Mesopotamia, cradle of the Babylonian and Assyrian empires. The man has a strong connection with water. Early civilizations began rudely to study the behavior of floods in order to create the first irrigation systems, as well as know how to manage flood periods. In today's modernity, urban growth makes it increasingly important to study urban infrastructure in order to avoid or reduce material and lives losses due to heavy rains. The high waterproofing of the soil due to the use of concrete and asphalt made it necessary to study the methodologies of projects to collect rainfall, such projects are called reservoirs. These projects were popularized in Brazil in the late 1990s and have been used

in various regions of Brazil. It is worth highlighting the city of São Paulo, which, with its increasing population, has brought the need to contain floods. Among reservoir projects it is worth mentioning the reservoir of the Aricanduva river, located in the eastern region of the metropolitan area of São Paulo. Its construction and operation are objects of study for the present work.

**KEYWORDS:** Big pool; inundation; hydrology; hydraulics.

## INTRODUÇÃO

O problema das inundações do rio Aricanduva veio se agravando com a intensificação do processo de urbanização, e consequente impermeabilização do solo da Bacia hidrográfica, evidenciada a partir da década de 1970.

Neste processo deve-se agregar como elemento adicional para o agravamento das condições hidráulicas da bacia, a profusão de obras de canalização, tanto do rio Aricanduva, como de vários de seus afluentes.

Nos últimos 30 anos foram observados uma gradual mudança do comportamento hidrológico da bacia, principalmente pela redução dos tempos de concentração; com isto as inundações passaram a ter uma periodicidade praticamente anual, sendo provocadas por em sua maior parte, por chuvas com durações entre 30 e 120 minutos (PMSP, 1999).

As obras de canalização e melhorias hidráulicas propriamente ditas do rio Aricanduva, e de vários de seus afluentes, desenvolveram-se entre 1970 e meados da década de 80, tendo-se no início da década de 1970 a implantação do trecho compreendido entre a sua foz e as imediações da Avenida Radial Leste.

O rio Aricanduva, no trecho compreendido entre as imediações da Avenida Radial Leste e a Avenida Itaquera foi canalizado pela Prefeitura de São Paulo através da EMURB, no período compreendido entre 1976 e 1980, com implantação de pistas marginais ao canal.

As primeiras intervenções no córrego Rincão, principal afluente da margem direita do rio Aricanduva, também foram efetuadas na década de 70. Posteriormente, em 1985, por ocasião da implantação da Linha Leste do METRÔ, a Companhia do Metropolitano de São Paulo efetuou a canalização do córrego Rincão no trecho compreendido entre a sua foz e proximidades da Estação Penha do METRÔ e nas imediações da Estação Vila Matilde; a transposição sob os ramais ferroviário e metroviário, e sob a Avenida Radial Leste foram efetuados pela Prefeitura Municipal de São Paulo (PMSP) (PMSP –SVP, 1986).

## CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DA BACIA

O rio Aricanduva, afluente pela margem esquerda do rio Tietê, tem sua bacia localizada no setor leste - sudeste da cidade de São Paulo; com uma área de drenagem de cerca de 100 km<sup>2</sup>, tem suas nascentes próximas da cidade de Mauá, adjacentes ao divisor norte das cabeceiras do rio Tamanduateí. Morfologicamente, a bacia, orientando-se na

direção geral SSE-NNW, tem um eixo maior de 20 km e larguras variando entre 5 e 6 km (CAMPANA & TUCCI, 1994).

Os afluentes do rio Aricanduva, principalmente os da margem direita, são todos de pequena expressão, excetuando-se o ribeirão Rincão/Gamelinha, próximo à sua desembocadura.

Na margem esquerda os afluentes são de porte pouco maior, destacando-se o rio Caaguassu, localizado no trecho médio do rio Aricanduva, além dos córregos do Tabão e dos Machados.

Climatologicamente a região se classifica como tropical sub-úmida, com boa definição dos regimes pluviométricos. Tomando-se por base o Atlas Pluviométrico do Estado de São Paulo, verifica-se que a pluviosidade total anual média da bacia está compreendida entre 1.300 e 1.400 mm; a estação chuvosa (de outubro a março) tem um índice médio no entorno de 1.000 mm e a estação seca (de abril a setembro), um índice pouco inferior a 300 mm (CAMPANA & TUCCI, 1994).

## **CARACTERIZAÇÃO GEOMORFOLÓGICA DA REGIÃO**

Destaca-se inicialmente o fato do relevo de uma região ser decorrente direto do litotipo presente, bem como de sua estruturação.

No caso da bacia do rio Aricanduva, tal dependência passa a ter grande evidência nas áreas de ocorrência dos micaxistos, que por ter sua marcante xistosidade orientada regionalmente na direção geral NE-SW, com mergulhos quase vertical, geralmente associada a sistemas de fraturas com ou sem cisalhamento, condiciona um relevo acentuado com vertentes íngremes.

Mesmo sob a influência de tão marcante controle estrutural, a elevada densidade da drenagem imprimiu um padrão quase dendrítico nestas áreas de micaxistos, principalmente nas porções mais altas dos cursos d'água (CAMPANA & TUCCI, 1994).

A área da bacia possui declividades superiores a 20%. Geomorfologicamente, sob um enfoque mais específico, tomando-se por base o Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo, a bacia do rio Aricanduva abrange duas Unidades Morfoesculturais principais: as porções Alta e Média da bacia situam-se na Unidade denominada Planalto Paulistano / Alto Tietê, pertencente ao Cinturão Orogênico do Atlântico, enquanto que o trecho Baixo situa-se na Unidade denominada Planalto de São Paulo, pertencente às Bacias Sedimentares Cenozóicas / Depressões Tectônicas (USP/IPT/FAPESP, 1997).

## **ESTUDO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DO PROJETO**

### **Critérios de Projeto - Precipitações Intensas na RMSP**

Existem três equações IDF (intensidade – duração - frequência) disponíveis para a

RMSP, determinadas por Paulo Wilken, Antonio Garcia Occhipinti e Felix Mero.

A equação 1 é a que fornece maiores valores de chuva no ponto, referindo-se ao posto do IAG (Instituto Astronomia e Geociências), cuja equação 1 é a seguinte, para durações entre 1 e 24 horas:

$$i = t^{-0,821} \cdot \{16,14 - 5,65 \cdot \log \ln [T/(T-1)]\} \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

$i$  = intensidade da chuva em mm/min;

$t$  = duração da chuva em minutos; e

$T$  = período de retorno em anos.

### Distribuição Espacial das Chuvas

Para a aplicação da equação 1 de Mero (válida para um ponto específico) em toda a área de drenagem é necessário aplicar-se um coeficiente de redução. Considerando-se a área de drenagem da bacia do rio Aricanduva em torno de 100 km<sup>2</sup>, aplica-se a seguinte equação 2 de redução:

$$P_{\text{área}} = P_{\text{ponto}} \cdot k \quad \text{Equação 2}$$

Onde:

$P_{\text{área}}$  = precipitação na área;

$P_{\text{ponto}}$  = precipitação no ponto;

$K = 1,0 - [0,1 \cdot \log(A/A_0)]$ ;

$A = 100 \text{ km}^2$ ;

$A_0 = 25 \text{ km}^2$ ; e

$K = 0,94$

Com estes critérios foram consideradas as seguintes condições para projeto:

- Chuvas analisadas com 2 horas de duração;
- Distribuição temporal segundo a distribuição de Huff 1º quartil; e
- Períodos de retorno analisados: 02, 10, 25, 50 e 100 anos.

As chuvas consideradas foram armazenadas na tabela 1, logo a seguir.

Chuva Distribuída	Precipitação de 2 horas (mm)			
	T=2	T=10	T=25	T=100
Ponto (k=1,00)	43,00	68,04	80,64	99,24
Área (k=0,94)	40,42	63,96	75,80	93,29

Tabela 1 - Precipitações de projeto (equação de Mero)

## Condições Básicas para as Simulações

As simulações hidrológicas foram efetuadas com o auxílio do modelo CABIC (Análise de Bacias Complexas), desenvolvido pela FCTH (1998), o qual utilizou a metodologia do HUT (Hidrograma Unitário Triangular) do USCS (*US Soil Conservation Service*).

O algoritmo do USCS, para o cálculo de chuva excedente, utilizou o conceito do “número de deflúvio” – CN, que procura definir, através de um único valor numérico, a influência do terreno no comportamento do escoamento superficial.

A definição destes valores está associada à constituição geológica da área, ao tipo de cobertura e uso do solo.

A maior dificuldade na definição do coeficiente “CN” deve-se ao fato do mesmo ser resultado da composição de diversas parcelas de tipos de solos e coberturas associadas a áreas permeáveis e impermeáveis.

Para as parcelas das áreas consideradas em condições naturais, utilizaram-se os dados do Relatório “Análise Geológica e Caracterização dos Solos da Bacia do Alto Tietê para a Avaliação do Coeficiente de Escoamento Superficial”.

Para a estimativa da parcela impermeável das sub-bacias, tomou-se como base a relação densidade populacional-área impermeável constante do trabalho “Estimativa de Área Impermeável de Macrobacias Urbanas”- (CAMPANA e TUCCI, 1994), considerando as equações 3 e 4 de ajuste:

$$A_{\text{imp}} = -3,86 + 0,55 d \quad (\text{para } 7,02 \leq d \leq 115 \text{ hab.ha}^{-1}) \quad \text{Equação 3}$$

$$A_{\text{imp}} = 53,2 + 0,054 d \quad (\text{para } d > 115 \text{ hab.ha}^{-1}) \quad \text{Equação 4}$$

Onde:

$A_{\text{imp}}$  = % de área impermeável; e

$d$  = densidade populacional ( $\text{hab.ha}^{-1}$ ).

## Condições de Ocupação da Bacia do Aricanduva

De acordo com os censos demográficos realizados pelo IBGE entre 1991 e 1996 para os Distritos da bacia do rio Aricanduva, com uma área de 100 km<sup>2</sup>, tinham-se dados de densidades populacionais que variavam entre 71,2 e 94,2  $\text{hab.ha}^{-1}$  na região das cabeceiras da bacia, onde estão concentradas as maiores reservas de áreas verdes, como nos distritos Parque do Carmo e São Mateus, até valores entre 137,4 e 163,4  $\text{hab.ha}^{-1}$  em áreas mais densamente urbanizadas, como os distritos de Vila Formosa e Vila Prudente. Para toda a bacia, a média desses valores foi de 114,4  $\text{hab.ha}^{-1}$  (DAEE, 1998).

O exemplo do verificado em estudos, para outros municípios como os integrantes da bacia do Aricanduva, os municípios que já atingiram valores desta ordem de grandeza (ver tabela 2), provavelmente já se encontram em estado de estagnação ocupacional, como é o caso específico do distrito de Vila Prudente (DAEE, 1998).

Entende-se que o valor de 153  $\text{hab.ha}^{-1}$  seria um limite máximo de ocupação a serem

alcançados também nos demais distritos integrantes da mesma bacia, onde se considerou que ainda haveria espaço para uma expansão populacional.

A tabela 2 a seguir apresenta os valores de área de ocupação para o período do projeto.

Administração Regional	Distrito	População 1991	População 1996	Variação (%)
Moóca	Carrão	87.336	79.424	-9,1
	Tatuapé	81.440	77.492	-4,8
Penha	Penha	133.006	126.960	-4,5
	Vila Matilde	109.023	99.414	-8,8
Aricanduva / Vila Formosa	Aricanduva	96.512	91.439	-5,3
	Vila Formosa	97.940	91.410	-6,7
Itaquera	Cidade Líder	97.370	98.313	+1,0
	Parque do Carmo	54.743	56.154	+2,6
	José Bonifácio	103.712	103.933	+0,2
Vila Prudente	Sapopemba	257.617	254.922	-1,0
São Mateus	São Mateus	150.764	160.114	+6,2
	Iguatemi	59.820	89.835	+50,2
	São Rafael	89.862	101.531	+13,0
<b>Total</b>		1.419.545	1.430.941	+0,8

Tabela 2 - Bacia do rio Aricanduva Censos Populacionais de 1991 e 1996.

Fonte: DAEE, 1998.

## COMPARTIMENTAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA

Para aplicação do modelo CABC com representação das vazões nas treze bacias de detenção na bacia do rio Aricanduva, foram compartimentadas em sub-bacias.

O trecho final canalizado do rio Aricanduva apresenta uma restrição de descarga em torno de  $280 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ; entre a foz do córrego Rincão até o rio Tietê. O que ocasionou na necessidade de revestimento do fundo desse canal.

Assim, a PMSP, através da GEPROCAV, realizou obras de combate às inundações que compreendem reforços e melhorias dos canais existentes e a construção de bacias de detenção (GEPROCAV, 1997).

## EFEITOS DA IMPLANTAÇÃO DAS BACIAS DE DETENÇÃO

Um aspecto bastante importante a ser considerado refere-se às condições de níveis d'água do rio Tietê que poderiam provocar efeitos de remanso ao longo do trecho final canalizado do Aricanduva (GEPROCAV, 1997).

Para as condições da calha do rio Tietê, os níveis d'água na foz do Aricanduva situavam-se em torno da cota 722,00, para eventos com períodos de retorno ( $T_R$ ) de 2 anos.

Com o rebaixamento completo da calha do rio Tietê até a barragem da Penha, os níveis na foz do Aricanduva foram para entre 721,00 e 721,50 para períodos de retorno de até 100 anos.

Verificou-se em cálculos preliminares de remanso que a cota 722,00 no rio Tietê representava uma condição extrema para não provocar efeitos de remanso no Aricanduva (GEPROCAV, 1997).

Dá a grande importância da implantação do projeto de rebaixamento da calha do rio Tietê, em toda a sua extensão. Para as simulações hidráulicas, foi admitida a curva cota-vazão na foz do rio Aricanduva com o rio Tietê, mostrada na figura 1, a seguir.

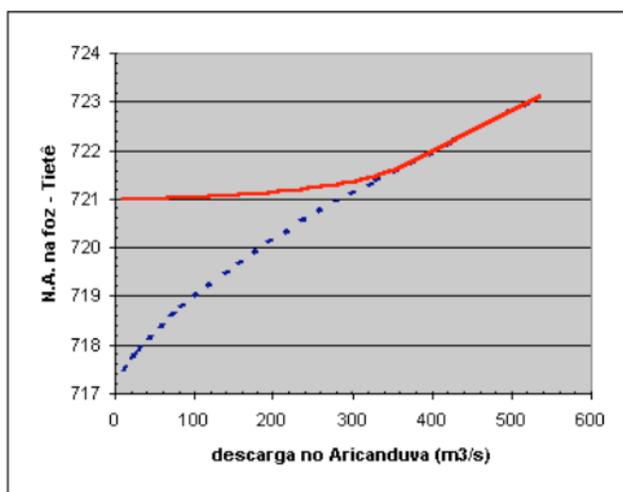


Figura 1 – Curva cota-vazão na foz do Aricanduva (GEPROCAV, 1997).

As simulações foram realizadas com o modelo CLIV, em regime permanente gradualmente variado, e abrangeram investigações das seguintes condições:

- Situação sem obras adicionais para  $T_R = 2$  anos, com a calha assoreada;
- Situação de projeto com 10 reservatórios (Etapa 1), com o fundo de projeto desassoreado, considerando-se revestimento entre estacas 103 e 325, para  $T_R = 10$  anos; e
- Idem, para a situação de projeto com 13 reservatórios (Etapa 2), para  $T_R = 25$  e 100 anos

As figuras 2 e 3 a seguir indicam os resultados dos cálculos efetuados.

ESTACA	DISTÂNCIA (m)	LOCAL	T= 2 anos		T= 10 anos		T= 25 anos		T= 100 anos	
			Sit. Sem Obras		Etapa 1 (10 Reserv.)		Etapa 2 (13 Reserv.)		Etapa 2 (13 Reserv.)	
			N.A.	Q (m <sup>3</sup> /s)	N.A.	Q (m <sup>3</sup> /s)	N.A.	Q (m <sup>3</sup> /s)	N.A.	Q (m <sup>3</sup> /s)
E665,8	13.316	jus-RAR-3	754,87	66	752,88	72	753,37	101	754,08	147
E637,2	12.744		752,78		750,87		751,41		752,19	
E593,7	11.874	jus-RAR-4	749,14	71	748,15	72	747,73	52	748,34	82
E548,1	10.922		746,09		746,14	746,14	746,14		746,34	
E503,9	10.078	MACHADOS	743,69	103	742,96	99	742,64	81	743,18	112
E460,8	9.016		740,62		740,21		739,87		740,65	
E437,8	8.756	INHUMAS	740,03	111	739,74	99	739,42	81	740,29	113
E379,4	7.588		737,24	119	737,28	137	737,22	132	738,08	184
E325,6	6.512	TAPÃO	735,32	128	734,55	173	734,78	185	735,88	262
E292,6	5.852		734,14		733,57		733,84		734,89	
E260,5	5.210		732,94		732,64	194	732,86	200	733,85	281
E230,2	4.604		731,79		731,53		731,76		732,83	
E179,6	3.692		730,21		729,69	196	729,99	216	731,13	304
E134,7	2.694	RAPADURA	727,82	138	727,91	207	728,23	232	729,38	325
E121,9	2.438		727,26		727,44		727,74		728,86	
E103,2	2.064		726,53		726,76		727,01		728,08	
E85,5	1.710	RINCÃO	724,88	158	725,96	283	725,93	280	727,19	397
E81,8	1.636		724,49		725,70		725,67		726,90	
E78,1	1.562		724,24		725,47		725,44		726,65	
E74,4	1.488		724,01		725,24		725,21		726,40	
E70,7	1.414		723,80		725,01		724,98		726,14	
E67,0	1.340		723,59		724,78		724,75		725,88	
E63,3	1.266		723,39		724,54		724,51		725,62	
E59,6	1.192		723,19		724,30		724,27		725,35	
E55,9	1.118		723,00		724,04		724,01		725,07	
E52,2	1.044		722,80		723,77		723,74		724,76	
E48,5	970		722,59		723,46		723,44		724,42	
E44,95	897		722,37		723,09		723,06		723,97	
E0	0	FOZ DE IETÊ	722,00	158	721,00	283	721,00	280	721,80	397

Figura 2 – Quadro dos resultados das Simulações em Regime Permanente com Bacias de Detenção e Revestimento (GEPROCAV, 1997).

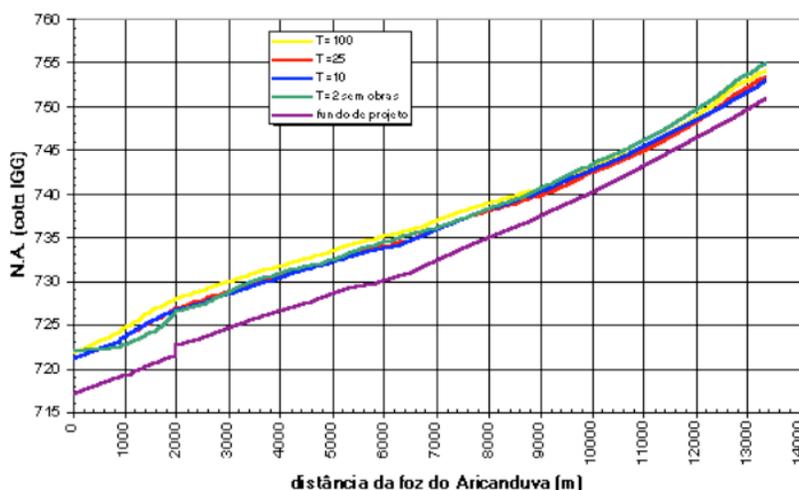


Figura 3 – Perfis das linhas d'água – Com bacias de detenção e revestimento (regime permanente) (GEPROCAV, 1997).

## AVALIAÇÃO DO COEFICIENTE CN

O coeficiente CN (Coeficiente de Deflúvio), a ser aplicado à parcela de área permeável da bacia do rio Aricanduva, considerando as suas características geológicas, foi avaliado igual a 66, conforme referência do DAEE (Departamento de Águas e Energia Elétrica).

A parcela de área impermeável da bacia urbanizada, para o ano de 2020, considerando uma densidade populacional de 153 hab.ha<sup>-1</sup>, foi estimada em 61,5%.

Assim sendo, para as regiões consideradas com maior potencial de urbanização, as simulações hidrológicas da bacia, visando estabelecer vazões de projeto para o ano 2020, foi considerado um coeficiente CN médio ponderado, com base nas parcelas de áreas permeáveis e impermeáveis, na equação 5:

$$\text{CN}_{\text{médio}} = 66 \cdot A_{\text{perm}} + 98 \cdot A_{\text{imp}} \quad \text{Equação 5}$$

Onde:

$$A_{\text{perm}} = (1,000 - 0,615) = 0,385$$

$$A_{\text{imp}} = 0,615$$

$$\text{CN}_{\text{médio}} = 85,68 \text{ aprox. adotado } \text{CN}_1 = 86$$

Para levar em conta as reservas de áreas verdes e parques públicos existentes, para a região das cabeceiras, a montante do córrego Caaguassu, considerou-se uma redução do valor ponderado  $\text{CN}_1=86$ , fixando-se que 25% dessas áreas ainda permaneceriam intactas.

$$\text{CN}_2 = 0,75 \cdot 86 + 0,25 \cdot 66 = 81$$

Para áreas intermediárias entre a região das cabeceiras e a região mais urbanizada adotou-se um coeficiente  $\text{CN}_3=83$ .

Para efetivação dos dados foi instalado um limnógrafo à margem esquerda do ribeirão Gamelinha, a montante da passarela de pedestres próxima à esquina da Rua Geralda Maria de Jesus Santos com a Avenida Margarida Maria Alves.

O perfil do ribeirão é em cascata, na forma de trechos horizontais e quedas no perfil. O posto ficou entre duas dessas quedas.

O trecho reto e as laterais e fundo do canal são em concreto. Também foram instalados na bacia do ribeirão Gamelinha dois pluviográficos.

O primeiro, próximo a cabeceira do ribeirão na rua Cravo da Índia n.º 28 B, Parque Savoy City, e o segundo, próximo ao centro da bacia na praça Marcelo Tostes n.º 18, esquina com a rua Sabaudia no bairro Cidade Patriarca.

As respectivas áreas de influência de cada um dos postos foram as seguintes:

- Área de drenagem no local do limnógrafo: 7,57 km<sup>2</sup>;
- Área de influência do posto Sabaudia: 2,95 km<sup>2</sup>; e
- Área de influência do posto Savoy City: 4,62 km<sup>2</sup>.

A planta esquemática da calibração do CN encontra-se na figura 4, a seguir.

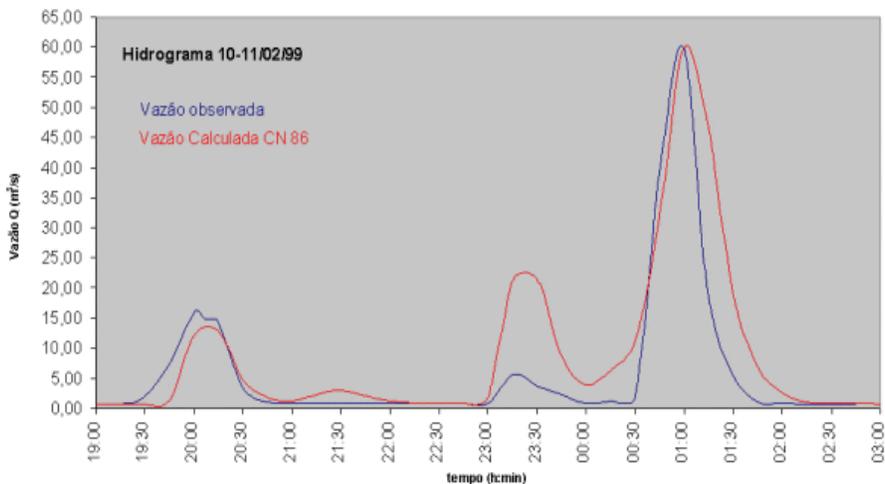


Figura 4 – Verificação da calibração do coeficiente CN=86

## AÇÕES NÃO ESTRUTURAIS

A bacia do rio Aricanduva sofreu um processo de ocupação urbana que não se limitou às porções média e inferior da bacia, propagando-se inclusive para as cabeceiras, colocando em risco uma das únicas áreas de preservação ambiental da bacia do Alto Tietê (DAEE, 1998).

As áreas preservadas na bacia do Aricanduva compreendia, até 1998, uma superfície estimada em 25 km<sup>2</sup>.

Estas áreas correspondiam a uma parte da APA do Parque do Carmo e um conjunto de vegetação abrangendo praticamente toda a cabeceira formadora do rio Aricanduva e de alguns de seus tributários.

O projeto desenvolveu trabalhos de campo com a preocupação de avaliar o impacto ocorrido nos últimos cinco anos no período de implantação, sobre as áreas ainda preservadas (DAEE, 1998).

Observou-se a supressão de grande quantidade de biomassa, estimando-se que a área total preservada na bacia não ultrapassa 12,4 km<sup>2</sup>, ou seja, 50% da área ainda não ocupada nos cinco anos de implantação.

A ilustração da figura 5 a seguir mostra o atual estágio de ocupação da bacia (DAEE, 1998).

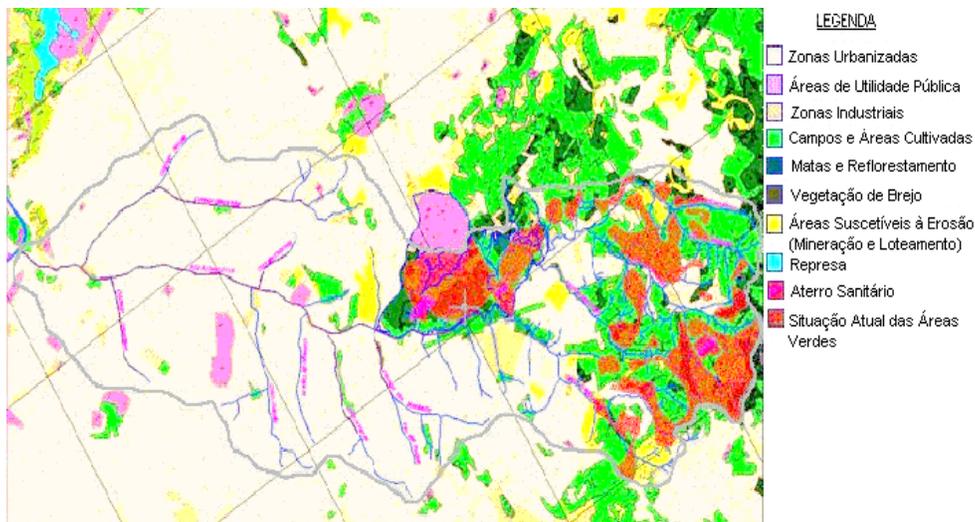


Figura 5 - Bacia do Rio Aricanduva - Evolução da Urbanização 1994/2018 (DAEE, 1998).

## CONCLUSÕES

Nas condições atuais da calha, a linha d'água resultante encaixa-se perfeitamente dentro da calha do rio Aricanduva, em toda a sua extensão, exceto sob as pontes existentes entre as estacas 150 (montante do Rincão) e 300 (jusante do Taboão) cuja face inferior das vigas encontra-se cerca de 0,50 a 1,0 m abaixo dessa linha d'água.

O desassoreamento da calha nesse trecho ou medidas na calha a montante do Taboão poderiam promover o desafogamento dessas pontes, para essa situação hidrológica.

A inserção do reservatório RAR-4, nesta etapa, foi de fundamental importância para controlar as vazões no referido trecho mais crítico e, conseqüentemente, manter a descarga na foz igual a  $280 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ .

A calha do Aricanduva, compreendida no trecho entre as estacas 330 e 100, não suportaria um acréscimo das vazões ainda remanescentes, a jusante. Para atender tal situação, foi necessário implantar uma galeria auxiliar (sistema de desvio) dimensionada para uma vazão de aproximadamente  $120 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , no seu trecho final junto ao Tietê.

## REFERÊNCIAS

CAMPANA & TUCCI. **Estimativa de Área Impermeável de Macrobacias Urbanas**. Revista Brasileira de Engenharia, nº 2, v. 12, 1994.

DAEE. **Plano Diretor de Macrodrenagem da Bacia do Alto Tietê**. Análise Geológica e Caracterização dos Solos da Bacia do Alto Tietê para Avaliação do Coeficiente de escoamento Superficial – Relatório PDAT1-GL-RT-037 – Dezembro de 1998.

GEPROCAV. **Projeto Básico do Córrego Rapadura no trecho Rua Comendador Gil Pinheiro à Rua Visconde de Balsemão** (extensão: 2.250m)- Estudos Hidrológicos – Rel. GEPROCAV 1-021/97-HIB-001-RT-001-rev 0-ago/97 e Desenhos GEPROCAV-1-021/97-HIB-002 a 008-DE-078 a 82;89 e 90–rev A, novembro de 1997.

PMSP. **Canalização do Córrego Rincão**. Trecho entre Estacas 20 e 47 – Desenhos 130.746 e 130.747, Maio de 1986.

PMSP. **Canal do Aricanduva – Trecho Inferior Proposição de Intervenções visando a sua Melhoria Hidráulica**. Abril de 1999.

USP / IPT / FAPESP. **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo**. 1997.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Acidez 1, 2, 5, 6, 7, 8, 33

Agregado miúdo 36, 45, 46, 47, 97, 105, 107, 112

Álcali-ativado 103, 109, 110, 111

Análise por elementos finitos 165, 186

ANSYS 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 177, 178, 180, 184, 185, 186

Argamassa 65, 88, 94, 97, 102, 103, 105, 107, 108, 109, 110, 111, 112

Asphalt mastic 49, 50, 51, 55, 61, 62

Asphalt mixture 49, 50, 51, 52, 53, 60

### B

Benefícios 10, 11, 37, 93, 94, 163, 248

Binder 49, 50, 51, 52, 53, 55, 57, 58, 59, 60, 76, 103, 104, 112

### C

Cerâmica vermelha 65, 75, 103, 104, 105, 111, 112

Characterization 53, 54, 76, 77, 79, 81, 83, 85, 89

Civil construction 2, 77, 79, 80, 86, 87, 103, 104, 155, 156, 241

Coco 36, 37, 38, 39, 41, 43, 44, 45, 46, 47, 48

Concreto 28, 36, 38, 39, 45, 46, 47, 65, 76, 88, 89, 90, 91, 92, 96, 97, 98, 101, 102, 104, 113, 121, 126, 131, 137, 159, 162, 163, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 190, 195, 207, 208, 210, 211, 213, 216, 218, 220, 221, 223, 225, 232, 233, 234, 239, 240

Construção civil 1, 7, 8, 37, 47, 63, 65, 75, 89, 103, 104, 105, 111, 137, 155, 163, 165, 241, 242, 243, 245, 249, 251, 252, 253, 254

Contaminação 2, 6, 10, 24, 25, 26, 32, 34, 152

### D

Danos 10, 13, 15, 18, 24, 125, 130, 134, 136, 137

Densidade 17, 115, 117, 121, 128, 138, 139, 140, 152

### E

Enchente 125, 127, 128, 129, 131, 133, 134, 135

Estrada 10, 21, 135

## **F**

Filler 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 62, 84, 93, 95

## **G**

Gerenciamento de riscos 125

## **H**

Hidráulica 113, 124

Hidrologia 23, 113

## **I**

Impactos 1, 3, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 29, 31, 32, 33, 34, 37, 104, 125, 127, 130, 135, 138, 140

Impressão 3D 63, 65, 66, 68, 74

Inundação 113, 130, 135

## **J**

Jazigos 25, 27, 28, 29

## **L**

Litoral 6, 138, 153

## **M**

Manufatura aditiva 63

Massa cerâmica 63, 73

Matriz 10, 11, 12, 13, 22, 24, 26, 27, 31, 32, 33, 34, 65, 97, 159

Meio ambiente 2, 11, 14, 19, 21, 22, 23, 25, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 34, 35, 36, 37, 38, 103, 137, 139, 152, 153, 163

## **N**

New materials 77

## **P**

Patologia da construção 125

Pavimento intertravado 90, 91, 92, 96, 102

Piscinão 113

Polição 2, 6, 14, 22, 24, 25, 26, 28, 32, 34, 37, 145

População 10, 13, 14, 15, 17, 21, 25, 26, 33, 35, 118, 125, 127, 128, 129, 130, 131, 134, 135, 136, 138, 139, 140, 141, 143, 144, 145, 146, 147, 150, 152, 153

Precipitação 1, 2, 3, 4, 116, 129

Pressão 24, 27, 32, 68, 138, 152, 234

Processing 77, 78, 79, 80, 88, 89

## **R**

RCC 63, 65

Resíduo de construção civil 63

Resistência à compressão 36, 39, 46, 47, 63, 65, 69, 70, 71, 90, 92, 95, 96, 98, 99, 100, 101, 161

Riscos 15, 17, 24, 25, 30, 32, 33, 125, 127, 128, 136

## **S**

Saúde 5, 8, 17, 24, 25, 26, 29, 30, 34

Sílica ativa 90, 93, 95, 96, 97, 99, 101

Slate waste 77, 80, 82, 83, 84, 87, 89

Soluções construtivas 63, 155

Sustentabilidade 102, 103, 137, 152, 163, 255

## **T**

Taipa de pilão 155, 156, 157, 158, 159, 161, 162, 163, 164

## **V**

Variáveis 10, 12, 48, 165, 166, 169, 172, 174

Vigas em concreto armado 165, 168, 174

# ENGENHARIA CIVIL:

Demandas sustentáveis e  
tecnológicas e aspectos ambientais 2

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br) 

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br) 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br) 



  
Atena  
Editora

Ano 2022

# ENGENHARIA CIVIL:

Demandas sustentáveis e  
tecnológicas e aspectos ambientais 2

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br) 

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br) 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br) 



  
Atena  
Editora

Ano 2022