



Universidade Federal do Amazonas
Faculdade de Tecnologia
Programa de Pós-Graduação em
Ciência e Engenharia de Materiais



VIABILIDADE ECONÔMICA DA PRODUÇÃO DO ASAC PARA USO NO CONCRETO ASFÁLTICO

DANIEL ROCHA FILHO

MANAUS

Setembro/2020



Universidade Federal do Amazonas
Faculdade de Tecnologia
Programa de Pós-Graduação em
Ciência e Engenharia de Materiais



DANIEL ROCHA FILHO

VIABILIDADE ECONÔMICA DA PRODUÇÃO DO ASAC PARA USO NO
CONCRETO ASFÁLTICO

Orientador: Prof. Dr. Hidembergue Ordozgoith da Frota

MANAUS

Setembro/2020

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

R672V Rocha Filho, Daniel
Viabilidade Econômica da Produção do ASAC para uso no
Concreto Asfáltico / Daniel Rocha Filho . 2020
56 f.: il. color; 31 cm.

Orientador: Hidembergue Ordozgoith da Frota
Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) -
Universidade Federal do Amazonas.

1. Asac. 2. Agregado. 3. Argila. 4. Calcinada. I. Frota,
Hidembergue Ordozgoith da. II. Universidade Federal do Amazonas
III. Título

DANIEL ROCHA FILHO

**VIABILIDADE ECONÔMICA DA PRODUÇÃO DO ASAC PARA USO NO
CONCRETO ASFÁLTICO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais para obtenção do Título de Mestre em Engenharia de Materiais.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Hidembergue Ordozgoith da Frota, Presidente
Universidade Federal do Amazonas

Prof. Dr. Antonio Estanislau Sanches
Universidade Estadual do Amazonas

Prof. Dr. Antonio Henrique Queiroz Conceição
Universidade Federal do Amazonas

Dedico este trabalho à minha família por todo o apoio e incentivo e ao meu orientador pelos conselhos, sugestões e orientação essenciais para elaboração desta dissertação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço inicialmente a Deus, que nos deu condições e força de vontade para superarmos os desafios, culminando com este momento.

Agradeço à minha esposa, Isabel Cecília, pelo incentivo nos momentos mais difíceis.

À minha filha Isabelle por ser a minha constante fonte de motivação.

Ao prof. Dr Hidembergue Ordozgoith da Frota, pela sua orientação, apoio e dedicação.

À prof^a. Dra. Consuelo Alves da Frota, por ter contribuído de forma substancial para o meu crescimento acadêmico.

Aos amigos André, Igor, Joab, Sabrina e Anne pela grande parceria formada no decorrer do curso.

Por fim, o meu agradecimento a todos aqueles que de alguma forma contribuíram para o meu desenvolvimento e formação acadêmica.

A vocês, meu muito obrigado!

Inteligência é a habilidade de se adaptar às mudanças.

Stephen Hawking

RESUMO

Sabe-se que a região Amazônica é carente de matéria prima superficial para obtenção de agregados pétreos usados na construção civil, mais precisamente em pavimentação. Muitos estudos têm sido realizados a fim de identificar um material alternativo que possa substituir a utilização do seixo rolado e a brita na produção do concreto asfáltico em virtude do alto custo destas matérias-primas, decorrente da distância de transporte das jazidas superficiais de rochas (brita), bem como o preocupante impacto ambiental oriundo da extração do seixo rolado dos leitos dos rios, aliado ao seu igualmente alto custo com transporte. Dentre tantos materiais alternativos estudados destaca-se o Agregado Sinterizado de Argila Calcinada (ASAC) na substituição desses agregados graúdos, visto que a argila apresenta-se com uma grande reserva no Estado do Amazonas. A viabilidade desse material já teve sua comprovação técnica e ambiental. O que propomos neste estudo é a comprovação da viabilidade econômica do ASAC em substituição ao seixo rolado na produção do Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ) na pavimentação de rodovias de nossa região, especialmente em locais distantes de Manaus.

Palavras-chave: Agregado sinterizado de argila calcinada, argila, agregado graúdo.

ABSTRACT

It is known that the Amazon region lacks superficial raw material to obtain stony aggregates used in civil construction, more precisely in paving. Many studies have been carried out in order to identify an alternative material that can replace the use of rolled pebble and gravel in the production of asphalt concrete due to the high cost of these raw materials due to the transport distance of the superficial rock deposits (gravel), as well as the worrying environmental impact resulting from the extraction of the rolled pebble from river beds, combined with its equally high cost with transportation. Among so many alternative materials studied, the calcined clay synthesized aggregate (ASAC) stands out, replacing these coarse aggregates, since the clay presents a large reserve in the State of Amazonas. The viability of this material has already had its technical and environmental proof. What we propose in this study is the proof of the economic viability of ASAC in substitution for the rolled pebble in the production of Hot Machined Bituminous Concrete (CBUQ) in the paving of highways in our region, especially in places far from Manaus.

Key words: Synthesized aggregate of calcined clay, clay, coarse aggregate.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Esquema de seção transversal de um Pavimento Flexível	19
Figura 2: CAP 50/70	21
Figura 3: Brita	24
Figura 4: Diferentes tamanhos de seixo	25
Figura 5: Exemplos de lagoas que surgiram devido à extração de seixos e areia, caso do bairro São Joaquim, na Zona Norte de Teresina-PI	27
Figura 6: Extração do Seixo Rolado	28
Figura 7: Argila para produção do agregado calcinado	28
Figura 8: Ciclo de produção da Argila Calcinação	32
Figura 9: Comparativo de desempenho de concretos asfálticos para RT e MR.....	33
Figura 10: Gráfico Fluxo de Caixa	35
Figura 11: Ilustração Gráfica de TIR.....	37
Figura 12: Etapas da Dissertação	41
Figura 13: Usinagem de Concreto Asfáltico contendo Brita em sua composição (SICRO 6416078).....	45
Figura 14: Usinagem de Concreto Asfáltico contendo Seixo em sua composição.....	46
Figura 15: Usinagem de Concreto Asfáltico contendo ASAC em sua composição.....	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação do Pavimento no Amazonas

Tabela 2 - Reservas oficiais de argila no Estado do Amazonas

Tabela 3 - Características tecnológicas do agregado sintético de argila calcinada

Tabela 4 - Exemplo de Tabela de Fluxo de Caixa

Tabela 5 - Cronograma Financeiro

Tabela 6 - Valor unitário em R\$, com base no SINAPI data base junho de 2020 do Amazonas, dos usuais materiais de misturas asfálticas regionais

Tabela 7 - Valor unitário da produção da tonelada de ASAC para consumo próprio

Tabela 8 - Fluxo de caixa da construção da rodovia utilizando CBUQ contendo seixo

Tabela 9 - Fluxo de caixa da construção da rodovia utilizando CBUQ contendo ASAC

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AAUQ	Areia asfalto usinada a quente
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABEDA	Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Asfalto
ANM	Agência Nacional de Mineração
ANP	Agência Nacional do Petróleo
ASAC	Agregado Sinterizado da Argila Calcificada
ASTM	American Society for Testing and Materials
CA	Concreto Asfáltico
CAP	Cimento Asfáltico de Petróleo
CBUQ	Concreto Betuminoso Usinado a Quente
CETEM	Centro de Tecnologia Mineral
CNT	Confederação Nacional do Transporte
CSLL	Contribuição Social sobre o Lucro Líquido
DNER	Departamento Nacional de Estradas de Rodagens
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte
FC_0	Fluxo de Caixa no Momento Inicial
FC_J	Entrada ou Saída de Caixa para cada Intervalo de Tempo n
GEOTEC	Grupo de Geotecnia da Universidade do Amazonas
IBRAM	Instituto Brasileiro de Mineração
IPR	Instituto de Pesquisas Rodoviárias
IR	Imposto de Renda
MR	Módulo de Resiliência
NUTEMA	Núcleo de Tecnologia de Materiais
RT	Resistência à Tração
SEINFRA	Secretaria de Estado de Infraestrutura e Região Metropolitana de Manaus

SICRO	Sistema de Custos Referenciais de Obras
SINAPI	Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil
UFAM	Universidade Federal do Amazonas
TIR	Taxa Interna de Retorno
TMA	Taxa Mínima de Atratividade
VPL	Valor Presente Líquido

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	14
1 OBJETIVOS	16
1.1 GERAL	16
1.2 ESPECÍFICOS	16
2 REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1 PAVIMENTO	17
2.1.1 Concreto Asfáltico	20
2.1.2 Agregados	22
2.2 VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DO ASAC	32
2.3 VIABILIDADE ECONÔMICA	34
2.3.1 Fluxo de Caixa	34
2.3.2 Valor Presente Líquido (VPL)	35
2.3.3 Taxa Interna de Retorno (TIR)	36
2.3.4 Payback	38
3 MATERIAIS E MÉTODOS	39
3.1 METODOLOGIA	39
3.2 ASAC COMO AGREGADO GRAÚDO	41
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	43
4.1 AQUISIÇÃO DO PREÇO UNITÁRIO DOS INSUMOS	43
4.1.1 Materiais convencionais e Material alternativo (ASAC)	43
4.2 CUSTO DA PRODUÇÃO DO CONCRETO ASFÁLTICO	44
4.2.1 Materiais convencionais e Materiais Alternativos (ASAC)	44
4.2.2 Material alternativo (ASAC)	46
4.3 COMPARAÇÃO E ANÁLISE ECONÔMICA EM DOIS CENÁRIOS	47
CONCLUSÃO	50
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52

INTRODUÇÃO

A região Amazônica, pela sua formação geológica, é carente em matéria prima superficial para obtenção de agregados pétreos usados na construção civil, principalmente na pavimentação de vias urbanas e rodovias. Como opção natural temos o seixo rolado, que no entanto por acarretar grande impacto ambiental, torna-se uma opção inviável e cada vez mais difícil considerando as legislações ambientais, progressivamente mais rigorosas. Para solucionar essa situação, desde a década de 1980 estudos têm sido realizados com o objetivo de desenvolver agregados artificiais, que possam substituir os materiais hoje utilizados.

Em outra vertente destaca-se que, os revestimentos asfálticos mais comuns no Brasil e no Estado do Amazonas, são o Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ ou CA) e a Areia Asfáltica Usinada a Quente (AAUQ). Comparando essas duas composições, a formulação AAUQ tem um desempenho técnico inferior em relação ao CA, pois não apresenta em sua constituição a participação do agregado graúdo, exemplo da brita ou seixo (Manual de Asfalto, 2002). Apesar desta constatação observa-se maior utilização do AAUQ em detrimento do CBUQ. Em regra, esta opção é justificada por razões econômico-ambientais. A distância a ser percorrida pela matéria-prima para confecção do concreto asfáltico desde as jazidas superficiais de rochas (brita) implica em um alto custo com transporte apresentando um grande impacto financeiro. Igualmente, enfatiza-se o preocupante impacto ambiental oriundo da extração do seixo rolado dos leitos dos rios. Tal assertiva baseia-se no fato de que, no Estado, apenas os municípios de Japurá, Novo Aripuanã, Apuí e Santa Izabel do Rio Negro estão licenciados para a extração desse material, cuja distância média para Manaus fica em torno de 1.000 km, além de destacar que existem apenas quarenta e oito áreas autorizadas.

A utilização do AAUQ nas vias públicas de nossas cidades acarreta também sérias consequências na fluidez do trânsito, no custo de manutenção destas vias e no conforto dos usuários da região. Tal realidade ocasionou o uso nos últimos anos do concreto asfáltico pela Prefeitura Municipal de Manaus (PMM), nas ruas e avenidas da cidade de Manaus (Manual de Asfalto, 2002).

Frise-se ainda a abordagem da Confederação Nacional do Transporte (CNT) de 2019, cujo Relatório classifica a malha rodoviária amazonense como: ruim ou

péssima (55,5%) e regular (44,5%), uma realidade preocupante, que enseja a busca por alternativas que promovam melhorias na qualidade do asfalto utilizado em nossa região.

Neste talante, o Grupo de Geotecnia (GEOTEC) da Universidade Federal do Amazonas (UFAM) vem realizando, durante os últimos 20 anos, pesquisas com materiais alternativos, no intuito de encontrar substitutos aos tradicionais materiais da natureza, bem como contribuir com soluções ao histórico problema dos pavimentos regionais. Dentre eles, destaca-se o Agregado Sinterizado de Argila Calcinada (ASAC), cuja matéria prima, a argila, é detentora de uma grande reserva no Amazonas. Tal material alternativo, objeto de estudo da presente dissertação, teve demonstrado em inúmeros trabalhos, como viável tecnicamente para construção do revestimento e subcamadas de pavimentos. Podemos destacar entre estes: FROTA et al. (2003), FROTA et al. (2004), FROTA et al. (2006a), FROTA, et al. (2006b), FROTA et al. (2007), SILVA et al. (2008a), SILVA et al. (2008b), NUNES et al. (2009), SARGES et al. (2010), SILVA et al. (2010), VALENÇA et al. (2012), SILVA et al. (2013), SILVA et al. (2014), DA SILVA et al. (2015), SILVA et al. (2015), SILVA et al. (2016), CUNHA et al. (2018), e SPÍNOLA et al. (2019). Nos mencionados estudos, mostraram-se satisfatórios os resultados mecânicos, especialmente em elevadas temperaturas, contrapondo-se às misturas confeccionadas com seixo rolado e agregados pétreos. Apesar desta constatação até o presente momento, o ASAC ainda não teve sua efetivação comercial.

Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo principal analisar economicamente a produção do CBUQ, comparando uma mistura referência com seixo rolado a uma composição alternativa tendo a participação do ASAC. Para tanto, desenvolveu-se essa investigação de cunho teórico no âmbito qualitativo e quantitativo, por meio de pesquisas bibliográficas e de campo.

1 OBJETIVOS

1.1 GERAL

Demonstrar a viabilidade econômica do Agregado Sinterizado da Argila Calcinada (ASAC) utilizado como agregado graúdo na composição do Concreto Asfáltico, em substituição ao seixo rolado, material tradicionalmente usado nas misturas asfálticas regionais.

1.2 ESPECÍFICOS

- Demonstrar o custo unitário de produção do CBUQ com o seixo rolado;
- Estabelecer o custo unitário de produção do CBUQ com o ASAC;
- Descrever o processo produtivo do ASAC;
- Identificar a viabilidade do ASAC, sob a perspectiva de custo/benefício, considerando a pavimentação de uma estrada localizada na região metropolitana de Manaus.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 PAVIMENTO

O homem sempre buscou a evolução dos meios de transportes terrestres, cujo desenvolvimento teve início com as “picadas” e atingiu o alto nível das vias expressas atuais. Tal melhoria resultou da necessidade de deslocamentos periódicos, seja para alimentação e obtenção de água, no caso do homem pré-histórico, ou para as contemporâneas necessidades de desenvolvimento da sociedade.

Sendo assim, a pavimentação tem sido motivação de estudos na área do conhecimento geotécnico, suscitando o desenvolvimento de novas técnicas. A partir da década de 1950, devido em parte ao intercâmbio firmado entre o Brasil e os Estados Unidos, houve a reformulação de normativas e especificações de serviços, que deu origem as edições do Manual de Pavimentação (1960, 1996, 2002 e 2006) pelo Departamento Nacional de Estradas de Rodagens (DNER), hoje Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte (DNIT), além das normas técnicas DNER-ME 043/1995, DNIT 031, 081, 083, 084 e 136.

O pavimento, finalidade das citadas publicações, é composto por várias camadas assentadas sobre a superfície final da terraplanagem, e destina-se a resistir aos esforços oriundos do tráfego de veículos e do clima, com o fito de garantir aos usuários melhores condições de rolamento, conforto, economia e segurança. Sua primeira camada, denominada revestimento, é dimensionada para receber as ações das intempéries e, de forma direta, as cargas dos veículos. No Brasil os revestimentos mais comuns são do tipo Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ ou CA) e a Areia Asfáltica Usinada a Quente (AAUQ) (Senço, 2007; Manual de Asfalto, 2002).

Segundo o Instituto de Pesquisas Rodoviárias (IPR, 2006), o pavimento de uma rodovia é a superestrutura constituída por um sistema de camadas de espessuras finitas, assentes sobre um semiespaço considerado teoricamente como infinito (infraestrutura ou terreno de fundação) a qual é designada de subleito. Tais estruturas são classificadas, em geral, em conformidade com o revestimento, se rígido, semirrígido ou flexível. Ainda de acordo com o IPR (2006):

Revestimento flexível: É formado por diferentes tipos de camadas, de diversos materiais, sendo caracterizados pela deformação elástica em todas as camadas sob o carregamento aplicado. Um exemplo desse tipo de pavimento é o constituído por uma base de brita ou solo pedregulho, com revestimento asfáltico. Este tipo de material betuminoso confere a primeira camada comportamento visco-elástico, condicionando a distribuição de tensões às subcamadas;

Revestimento semirrígido: Caracteriza-se por uma base com algum aglutinante com propriedades cimentícias. Pode-se exemplificar essa estrutura, por uma base de solo cimento revestida por uma mistura asfáltica;

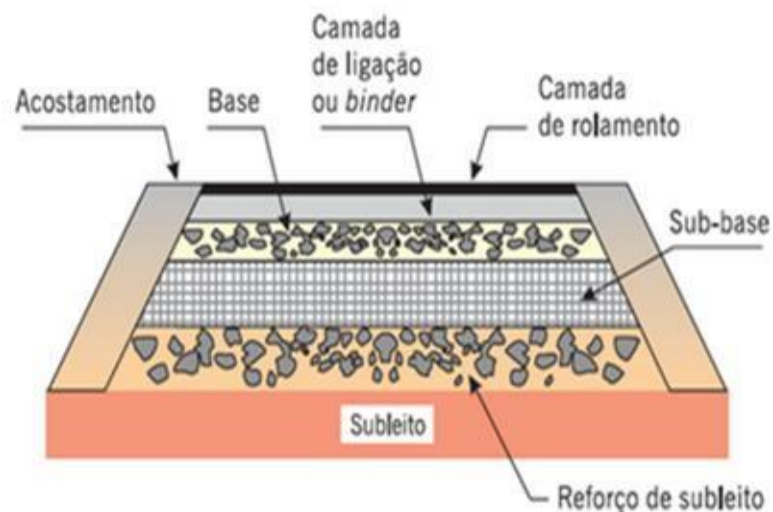
Revestimento rígido: Representado por um revestimento com elevada rigidez, portanto, uma camada que absorve praticamente a totalidade das tensões provenientes dos carregamentos aplicados. Têm-se como exemplo o pavimento constituído por lajes de concreto de cimento Portland.

A Pavimentação Asfáltica contempla os chamados pavimentos flexíveis, foco da presente dissertação, em um sistema de camadas, como nota-se na Figura 1, denominadas: subleito ou regularização do subleito (fundação), reforço do subleito, sub-base, base e revestimento asfáltico. Em conformidade com o Manual de Pavimentação do IPR (2006) as camadas formadoras dessa classe de pavimento podem ser especificadas como:

- a) Subleito ou Regularização do subleito, camada posta sobre o terreno natural, destinada a conformá-lo transversal e longitudinalmente de acordo com as especificações. Não constitui propriamente uma camada de pavimento, sendo a rigor uma operação que pode ser reduzida em corte do leito implantado ou em sobreposição a este, de camada com espessura variável;
- b) Reforço do Subleito que é uma camada de espessura constante construída por circunstâncias técnico-econômicas, acima da camada de regularização, com características geotécnicas inferiores ao material usado na camada que lhe for superior, porém melhores que o material do subleito;
- c) Sub-base que é a camada complementar à base, quando por condições técnico-econômicas não for aconselhável construir a base diretamente sobre a regularização;

- d) Base, a camada destinada a resistir e distribuir os esforços oriundos do tráfego e sobre a qual se constrói o revestimento;
- e) Revestimento que vem a ser a última camada do pavimento asfáltico, conhecida também como capa de rolamento, deve ser tanto quanto possível impermeável e recebe diretamente a ação do rolamento dos veículos.

Figura 1: Esquema de seção transversal de um Pavimento Flexível



Fonte: Balbo (2007)

No Brasil mais de 90% das estradas pavimentadas nacionais possuem revestimento em concreto asfáltico (CA), segundo a Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Asfalto (ABEDA), apesar da areia asfáltica usinada a quente (AAUQ) ter ampla participação, principalmente nas regiões norte e nordeste. Ao comparar esses dois tipos de revestimentos, amplamente empregados notadamente na região amazônica, verifica-se que a mistura asfáltica AAUQ tem um desempenho considerado inferior, em relação ao CA, uma vez que não apresenta na mistura a participação do agregado graúdo (brita, seixo), ocasionando menores índices de resistência a tração, maior desgaste pela ação das intempéries e pela rodagem dos pneus, além da baixa resistência a deformação permanente e a fadiga.

O CBUQ ou CA, segundo o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte (DNIT), é uma mistura executada a quente, em usina apropriada, com

características específicas, composta de agregado graúdo, agregado miúdo, material de enchimento (filer) e ligante asfáltico, os quais devem satisfazer às normas pertinentes. O revestimento AAUQ, possui praticamente a mesma formulação do concreto asfáltico, exceto pela ausência do agregado graúdo, sendo normalmente produzido em usinas fixas ou móveis.

No Amazonas o revestimento AAUQ registra-se como uma composição asfáltica muito utilizada, motivado principalmente pela deficiência superficial da matéria-prima para confecção dos materiais pétreos, que torna seu custo proibitivo. A consequência pode ser observada no Relatório da Confederação Nacional do Transporte (CNT) de 2019 alusivo a malha rodoviária Amazonense, que tipifica a maior parte das rodovias como regular ou péssima (Tabela 1).

Tabela 1: Classificação do Pavimento no Amazonas

Classificação do Pavimento	Extensão Total	
	Km	%
Ótimo	0	0
Bom	0	0
Regular	476	45,5
Ruim	199	19,0
Péssimo	371	35,5
Total	1046	100

Fonte: CNT, 2019.

2.1.1 Concreto Asfáltico

O revestimento CA constitui-se a camada responsável por receber diretamente os esforços provenientes do tráfego. Destina-se a propiciar conforto e segurança aos usuários e a impermeabilizar o pavimento. Representativos dessa formulação, destacam-se o Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ/CA) e a Areia Asfáltica Usinada a Quente (AAUQ).

O CBUQ pode ser definido como sendo uma mistura adequada de Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP), material de enchimento (fíler), agregado miúdo e agregado graúdo. Destaca-se que, a sua granulometria mineral pode ser enquadrada, segundo prescrito em normas, em uma das três faixas especificadas pela norma ES 031/2006 do DNIT, que caracteriza uma composição de granulometria contínua e bem graduada.

Quando a espessura desse tipo de revestimento for superior a 70 mm, é normalmente dividida em duas camadas, sendo a primeira denominada de binder e a segunda (camada superior) de capa. Ressalta-se que, o teor de ligante, que faz parte dessa formulação, varia em torno de 4,5% a 6%, e o teor de vazios situa-se na faixa de 3% a 5% e de 4% a 6% para a capa e o binder, respectivamente. Segundo Marques (2006), são usados os seguintes materiais na composição de um concreto asfáltico:

- Cimentos asfálticos de petróleo (Figura 2): CAP 30/45, 50/70, 85/100;
- Agregados graúdos: pedra britada, escória britada, seixo rolado;
- Agregados miúdos: areia, pó de pedra ou mistura de ambos;
- Fíler: cimento Portland, cal, pó calcário.

Figura 2: CAP 50/70



Fonte: Filasco e Steiner, 2017.

Ainda consoante Marques (2006) e o Manual do Asfalto (2002), para a dosagem do concreto betuminoso, normalmente devem ser acompanhadas as seguintes etapas:

1. Escolha dos agregados e do material betuminoso;

2. Determinação das porcentagens com referência aos agregados (grosso e fino) e filer. Nota-se que, devem contribuir na mistura de modo a atender as especificações com relação à granulometria;
3. Determinação do teor “ótimo” de betume, podendo ser realizada tradicionalmente por tentativas, ou seja, varia-se o teor de asfalto e comparam-se os resultados para várias porcentagens, ou, segundo outros processos, como o método da área específica ou dos vazios. Mais recentemente, temos a definição desse teor de projeto pela metodologia Superpave;
4. Comparação da mistura estudada com as exigências das especificações, alusivo, em regra, aos parâmetros volumétricos e, empregando a dosagem Marshall, a estabilidade e fluência.

2.1.2 Agregados

Os agregados podem ser naturais ou artificiais. Os naturais são os que se encontram de forma particulada na natureza, quais sejam a areia, cascalho ou pedregulho. Os artificiais constituem-se aqueles produzidos por algum processo industrial, como as pedras britadas, areias artificiais, escórias de alto-forno e argilas expandidas, entre outros (Rezende e Serna, 2013).

Esses materiais devem ser limpos, com tamanho preferencialmente uniforme, sem a presença de pó que prejudica a adesão ao betume. A dureza depende da natureza do tráfego e tipo de rocha. Os tipos mais comuns na construção civil são: pedra britada, escória britada e cascalho, seixos rolados (Marques, 2006).

A norma NBR 7211 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) fixa as características exigíveis na recepção e produção de agregados, miúdos e graúdos, de origem natural, encontrados fragmentados ou resultantes da britagem de rochas. Dessa forma, define agregado graúdo como pedregulho ou brita proveniente de rochas estáveis, ou a mistura de ambos, cujos grãos passam por uma peneira de malha quadrada com abertura nominal de 152 mm e ficam retidos na peneira ABNT de 48 mm. O rachão beneficiado, é definido como o material obtido diretamente do britador primário e que é retido na peneira de 76 mm.

Marques (2006) e o Manual do Asfalto (2002), citam que os agregados para misturas asfálticas geralmente devem ser: duros, duráveis e bem graduados, bem como possuir partículas cúbicas com baixa porosidade, superfícies limpas, além de serem rugosas e hidrofóbicas. A adequação desse material para uso em composições asfálticas determina-se pela avaliação das seguintes propriedades:

1. Tenacidade
2. Resistência Abrasiva
3. Dureza
4. Durabilidade
5. Sanidade
6. Forma da Partícula (lamelaridade e angulosidade)
7. Textura Superficial
8. Limpeza / Materiais Deletérios
9. Afinidade ao asfalto
10. Porosidade e Absorção
11. Características expansivas
12. Polimento e Características Friccionais
13. Tamanho e graduação
14. Densidade Específica / Massa Específica

Ressalta-se que a mineração de agregados para a construção civil gera grandes volumes de produção, apresenta beneficiamento simples e, para melhor economicidade, necessita ser produzido no entorno do local de consumo, geralmente áreas urbanas, devido ao baixo valor unitário (Rezende e Serna, 2013).

2.1.2.1 Pedra Britada

A brita, nos seus diversos tamanhos, assinala-se como um dos agregados graúdos mais usados na região Amazônica (Figura 3). A brita amazônica provém, em geral, de quatro tipos de rochas: arenitos silicificados da Formação Alter do Chão, localizados no entorno da capital, Manaus; riolito e riodacito do Grupo Iricoumé, encontrados na região da BR-174/AM, Município de Presidente Figueiredo; rochas graníticas da suíte Mapuera e corpo Abonari, também

identificados na BR174/AM, em Presidente Figueiredo; bem como gnaisses e metagranitos do Complexo Jauaperi, constatados em Moura, Município de Barcelos (CAMPOS, 2008).

Figura 3: Brita



Fonte: André, 2017.

A extração da brita é realizada por meio de explosivos, e na sequência é triturada em britadores, a fim de serem classificadas segundo sua granulometria. O abastecimento à Manaus acontece por meio de transporte fluvial, vindo de Barcelos, e quando por transporte rodoviário é procedente de Presidente Figueiredo (CAMPOS, 2008).

2.1.2.2 Seixo Rolado

O seixo (Figura 4), utilizado no Estado, pode ser encontrado nos leitos dos rios Japurá, Solimões, Negro, Nhamundá, Uatumã e rio Aripuanã, sendo extraído por meio de dragas, e transportado por balsas.

De acordo com Bauer (2008) o cascalho é um sedimento fluvial formado de grãos de diâmetro, em geral, superior a 5 mm, podendo chegar a 100 mm. Os grãos são de forma arredondada, devido ao atrito causado pelo transporte das águas. É conhecido também como pedregulho ou seixo rolado e apresenta grande resistência ao desgaste, por já ter sido exposto a condições adversas no seu local de origem. Participa da construção civil, sendo muito comum em lastros de ferrovias, drenos em obras civis, camadas dos pavimentos de estradas e

aeroportos, estações de tratamento de esgoto, etc. Os métodos da extração desse material variam em função da sua forma de ocorrência, além de características intrínsecas da jazida e região (QUARESMA, 2009, p. 11).

Figura 4: Diferentes tamanhos de seixo



Fonte: Filasco e Steiner, 2017.

Deve ser lembrado que ocorrem impactos ao meio ambiente pela retirada de areia e do seixo (Figuras 5 e 6), dentre os quais destacam-se: a formação de crateras e valões, erosão, voçorocas, além do desequilíbrio e/ou destruição de cadeias biológicas (PFALTZGRAFF, 1994 apud CAMPUS, 2008). Em conformidade com ANNIBELLI e SOUZA FILHO (2007), tais consequências ambientais podem ser elencadas como: a destruição da mata ciliar, o afugento de animais, a poluição das águas e dos solos, etc. Tais impactos ambientais são perversos e causam degradações significativas aos frágeis ecossistemas e aos rios.

De acordo com FONSECA JÚNIOR e FERREIRA (2012), os agregados para a indústria da construção civil são as substâncias minerais mais consumidas e, portanto, as mais significativas em termos de quantidades produzidas no mundo. Sendo assim, a expansão urbana faz com que sua extração aumente cada vez mais.

Segundo Pinheiro, MENDES e OLIVEIRA (2016), além das consequências mencionadas anteriormente, a retirada de seixo ou cascalho dos leitos dos rios resulta:

- a. Mudança na dinâmica das correntes dos rios e nos locais de transbordamento das cabeceiras, levando a insegurança nas populações ribeirinhas em caso de enchentes;
- b. Comprometimento da Ictiofauna e da fauna;
- c. Desconfiguramento violento dos aspectos paisagísticos;
- d. Exposição do solo, causando erosão e assoreamento;
- e. Diminuição da infiltração da água no solo devido à compactação pelo uso de máquinas pesadas;
- f. Alteração na qualidade da água, devido à utilização de graxas e óleos dos equipamentos empregados na construção da infraestrutura, pela emissão de gases gerados pela combustão interna do motor e ainda pela movimentação de particulado;
- g. Aumento da concentração de partículas em suspensão (turbidez) durante o raleamento da vegetação ribeirinha;
- h. Danos à fauna terrestre e aquática, originados pela geração de ruídos advindos de maquinarias, tanto no espaço terrestre quanto no aquático;
- i. Poluição sonora devido aos roncamentos dos motores das máquinas usadas;
- j. Depreciação da qualidade do ar, quando da emissão de gases e de partículas sólidas resultantes de combustão interna do motor e movimentação de particulado, em virtude do emprego de maquinarias para a extração do agregado;
- k. Remoção da vegetação nas frentes de lavra, podendo ocasionar um aumento na temperatura local;
- l. Afugentamento de animais terrestres e risco de atropelamento;
- m. Degradação da área onde ocorreu o processo de mineração;
- n. Risco de atropelamento ou afogamento durante a extração de areia e seixo;
- o. Risco de acidentes causados por explosão;
- p. Empobrecimento dos solos, em decorrência das alterações físicas e químicas da sua composição;
- q. No relevo ocorre a alteração topográfica, provocando o rebaixamento desordenado dos níveis altimétricos, contribuindo para a descaracterização das formas de relevo ao extrair materiais de forma indiscriminada dos topos e das encostas dos morros.

- r. Exploração desordenada e predatória dos recursos naturais locais presentes nos terraços fluviais e baixos planaltos;
- s. Surgimento e aterramento de parte das lagoas;
- t. Lançamento de esgotos e lixo nos corpos d'água;

Os danos ambientais mais frequentes nas áreas degradadas resultam de fatores como: a ocupação urbana de forma desordenada, a impermeabilização dos solos, a extração mineral ilegal, o aterramento de parte das lagoas, o estrangulamento de canais naturais que drenam as águas de chuva e o lançamento de esgotos e lixo nos corpos d'água (VIEIRA e VIANA, 2016).

Pinheiro, Mendes e Oliveira (2016), observam que o impacto da extração de seixo não contribui positivamente para o equilíbrio do meio ambiente e da região de onde está sendo extraído, sendo estes impactos identificados como 64% negativos e 36% positivos, fazendo com que esta atividade não traga benefícios para a região. Portanto, conclui-se que essa atividade de extração não tem influência significativa para o desenvolvimento local do município, acarretando sim, impactos ambientais que afetam a área lavrada e ao seu redor, provocando alteração sobre a água, o ar, o solo, o subsolo e a paisagem como um todo, interferindo em seu aproveitamento para usos futuros, os quais influenciam diretamente na qualidade de vida da população.

Figura 5: Exemplos de lagoas que surgiram devido à extração de seixos e areia, caso do bairro São Joaquim, na Zona Norte de Teresina-PI



Fonte: ANNIBELLI e SOUZA FILHO, 2007.

Figura 6: Extração do Seixo Rolado



Fonte: ANNIBELLI e SOUZA FILHO,2007.

2.1.2.3 Agregado Sinterizado de Argila Calcinaada - ASAC

Os agregados sinterizados de argila calcinaada (ASAC), se diferem daqueles oriundos da argila expandida, seja pela matéria-prima ou processo produtivo. A temperatura de queima, para produção do agregado calcinaado, fica em torno de 900°C que é, em geral, inferior aquela adequada a obtenção do agregado de argila expandida. A matéria-prima (Figura 7) para produção do ASAC não precisa ter características expansivas. Pode-se dizer que, em regra, qualquer argila com plasticidade elevada, quando moldada em forma de pelotas, que apresente boa resistência à compressão manual, pode estar apta à fabricação desses agregados (SILVA et al., 2013).

Figura 7: Argila para produção do agregado calcinaado



Fonte: CUNHA, 2014.

A argila é considerada como um material natural, terroso, de granulação fina, que geralmente adquire plasticidade quando umedecida com água. Do ponto de vista químico, tais frações granulométricas são formadas essencialmente por silicatos hidratados de alumínio, ferro e magnésio. Estruturalmente, são constituídas por partículas cristalinas extremamente pequenas, que formam os argilominerais, cujos principais grupos são: caulinitas, montmorilonitas e illitas. Também são formadas de outros materiais e minerais, como matéria orgânica, sais solúveis e partículas de quartzo, pirita, mica, calcita, dolomita, além de minerais amorfos (SOUZA SANTOS, 1992).

As argilas mais usadas no Estado do Amazonas são encontradas em aluviões recentes e planícies de inundação, sendo empregadas na indústria da cerâmica vermelha. Têm-se também as argilas pouco plásticas, oriundas de depósitos residuais formados de alteração de rochas da Formação Alter do Chão e aquelas levemente arenosas, derivadas de latossolos, participantes da construção de aterros, preparo de argamassas e produção de cimento Portland (CPRM, 2004).

No Amazonas, de acordo com o DNPM- 8º Distrito (2004), apud Campos (2008), verificam-se dois tipos de jazidas usadas para fins industriais, conforme demonstra a Tabela 2.

Tabela 2: Reservas oficiais de argila no Estado do Amazonas

Substância	Empresa	Município	Reserva (t)
Argila (cerâmica)	CERAMA	Iranduba	35.877.399
	LITIARA	Itacoatiara	3.593.700
Argila (cimento)	CBE	Manaus	3.546.766

Fonte: DNPM-8º Distrito (2004).

Em 1994, o DNER adotou um sistema de classificação de agregados preconizado pela norma DNER-EM 230/94, com o intuito de disciplinar o emprego, o controle de qualidade e aceitação dos agregados de argila. Deste modo, um agregado de argila calcinada é considerado satisfatório para uso em pavimentação, quando atende às especificações técnicas relacionadas na Tabela 3.

Tabela 3: Características tecnológicas do agregado sintético de argila calcinada

NORMA	TÍTULO	PARÂMETROS DE ACEITAÇÃO
DNER – ME 223/94	Argilas para fabricação de agregado sintético de argila calcinada – seleção expedita pelo processo da fervura	
DNER – ME 225/94	Agregado sintético de argila calcinada – determinação da perda de massa após fervura	Menor que 6 %
DNER – ME 222/94	Agregado sintético fabricado com argila – desgaste por abrasão	Menor que 50 %
DNER – ME 197/97	Agregados – determinação da resistência ao esmagamento de agregados graúdos	Menor que 40 %
DNER – ME 081/98	Agregados – determinação da absorção e da densidade de agregado graúdo	Menor que 18 %
DNER – ME 096/98	Agregado graúdo – avaliação da resistência mecânica pelo método dos 10 % de finos	Maior que 60 kN
DNER – ME 399/99	Agregados – determinação da perda ao choque no aparelho Treton	Menor que 60 %

Fonte: DNIT (2006) apud Campos (2008).

O DNER, por meio do Instituto de Pesquisas Rodoviárias (IPR) em parceria com a empresa ECL, estudou a viabilidade de implantação de uma fábrica de argila expandida na região Amazônica. Desse trabalho resultou um anteprojeto de uma usina móvel de pequeno porte, com capacidade de produção diária de 50 m³ de agregados, tendo como combustível o carvão vegetal. O protótipo foi fabricado e montado sobre duas carretas, sendo uma responsável pelo processamento da argila e a outra pela unidade de queima. O fluxograma do processo de produção passava pelas seguintes etapas: a argila era transportada por uma pá carregadeira e descarregada em caixão alimentador, passando por um destorroador, sendo na

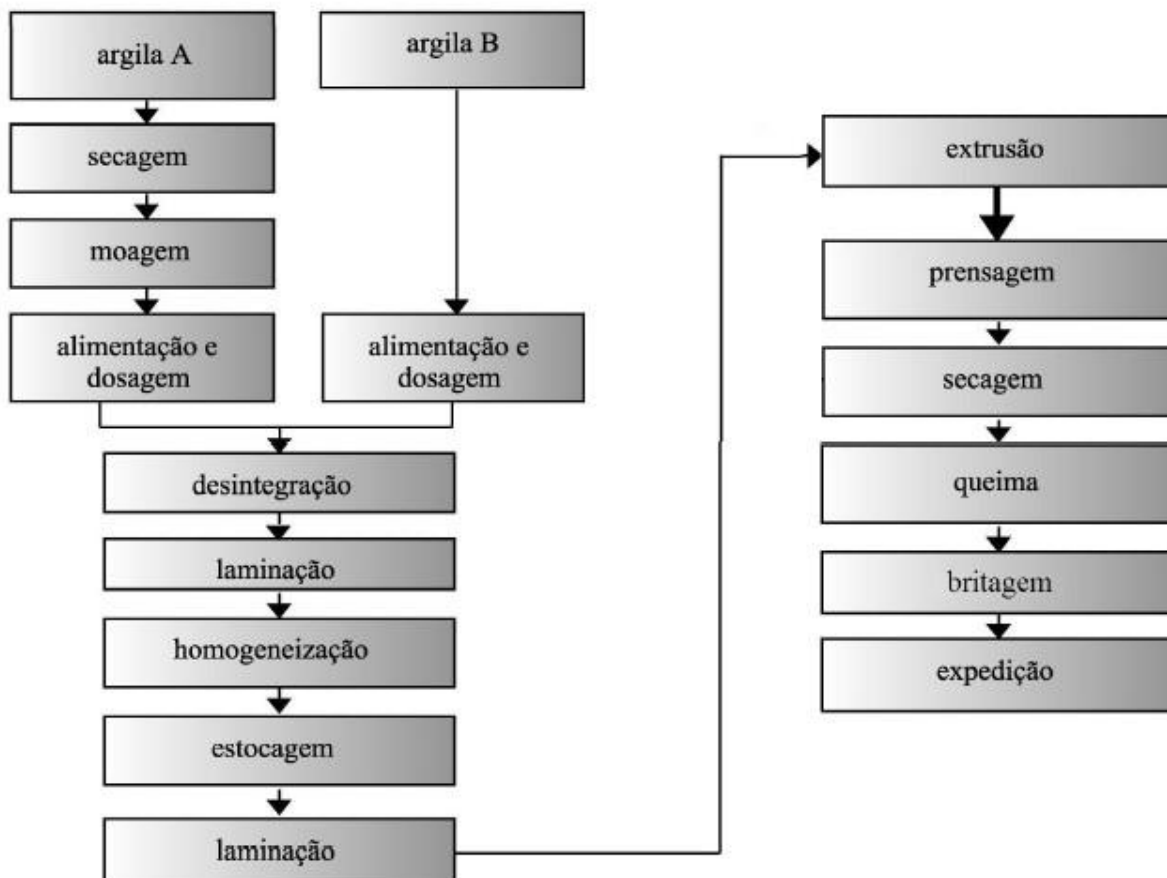
sequência encaminhada, por intermédio de uma esteira, até um misturador helicoidal. Este era alimentado por carvão vegetal pulverizado, obtido por meio de um moinho de martelos, e em seguida transportado pela correia ao alimentador rotativo. Neste ponto, incorporava-se água ao processo, para dar início a extrusão pela maromba, formando pelotas que seguiam para o forno de queima, aquecido numa temperatura especificada para os ensaios por um período de 10 a 15 minutos (ECL, 1989). A usina móvel do DNER foi desativada por questões econômicas em 1989.

Como método de produção do ASAC, considera-se a extrusão e corte da argila moldada, de maneira similar ao realizado pelas indústrias de cerâmica vermelha, também chamada de cerâmica estrutural, com ajustes na conformação final do produto, sendo esta de acordo com a boquilha da extrusora. Dessa forma, pode-se partir de uma estrutura e processo produtivo padrão utilizado pela citada indústria cerâmica, sem grandes distorções do processo produtivo (SILVA, FROTA, 2013, P. 509).

A Argila Calcinada é um agregado artificial preparado segundo um processo de calcinação (queima) da argila. Em conformidade com o extinto Departamento Nacional de Estradas e Rodagens (DNER), atual DNIT, Agregado Sintético Graúdo de Argila Calcinada, é classificado como agregado graúdo, sendo fabricado de argila mediante processo térmico com elevada temperatura, em geral, acima de 760°C (DNER, 1994).

A produção desse agregado é muito semelhante aos processos usados pela indústria ceramista e as olarias na obtenção de tijolos, blocos e telhas. Consoante “estudos realizados pelo DNER (1981), acredita-se que, em geral, as amostras propícias para a fabricação de cerâmica vermelha são também aptas para a fabricação de agregados artificiais de argila” (BATISTA, 2004). O fluxograma da Figura 8 sintetiza as fases alusivas ao ciclo de produção da Argila Calcinada.

Figura 8: Ciclo de produção da Argila Calcificada



2.2 VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DO ASAC

No estudo de Cabral e Vieira (2005), a dosagem da mistura asfáltica com o ASAC, como agregado graúdo, inicialmente obteve um teor “ótimo” igual a 8,7% e um volume de vazios de 4,4%, seguindo as especificações Marshall. A figura 9 apresenta resultados de investigações sobre a participação do ASAC em misturas asfálticas.

Figura 9: Comparativo de desempenho de concretos asfálticos para RT e MR

Parâmetro	PINTO (9): Concreto asfáltico com brita	BATISTA (4): Concreto asf. com argila calc. de laboratório	Concreto asfáltico com 100% de agregados de argila calcinada industrial
$R_T - 25^\circ\text{C}$ (MPa)	0,81	0,65	0,76
$R_T - 30^\circ\text{C}$ (MPa)	0,63	0,33	0,47
$R_T - 35^\circ\text{C}$ (MPa)	0,42	0,22	0,33
$M_R - 25^\circ\text{C}$ (MPa)	3.520	2.086	3.225

Fonte: Cabral e Vieira (2005)

Ressalta-se que, as taxas de ligante obtidas com o agregado de argila calcinada (8% a 9%) aparentemente podem parecer elevadas quando confrontadas às observadas nos concretos asfálticos com o agregado natural (4% a 7%). O que deve ser lembrado e ratificado é a relação de massa e volume que difere entre essas duas misturas. Por conseguinte, se entende a espessura a ser observada na camada de revestimento do pavimento, que, a princípio, deve ser a mesma (Cabral e Vieira, 2005)

De acordo com estudos realizados por Silva e Frota (2013), a produção do agregado sinterizado indicou um preço 24% acima do seixo rolado, no entanto, o uso do ASAC proporcionaria melhoria técnica na pavimentação com aumento da vida útil das obras e diminuição dos serviços de manutenção, além da maior segurança e conforto aos usuários. Além disso, a produção do ASAC supriria em quantidade a demanda reprimida pelo seixo na cidade de Manaus, AM, cuja malha viária sofre degradação precoce diante da falta de agregado graúdo na composição da massa asfáltica. Como nota-se, não é viável financeiramente a produção de ASAC para fornecimento ao mercado de Manaus. No entanto, ao levar-se em consideração fatores como demanda reprimida e possibilidade de melhoria técnica dos pavimentos urbanos a conclusão pode ser outra.

Silva e Frota (2013) igualmente verificaram que, ao ser considerada a produção do ASAC para consumo próprio com aplicação direta na obra, o custo no momento da avaliação, apresentou resultado 34% abaixo do preço do seixo rolado. À medida que a distância de transporte foi aumentada, essa vantagem foi ampliada, chegando a um percentual inferior da ordem de 56% e 77% para uma

distância média 100 km e 400 km, respectivamente. Ou seja, a produção do agregado artificial superou com grande vantagem o agregado convencional.

2.3 VIABILIDADE ECONÔMICA

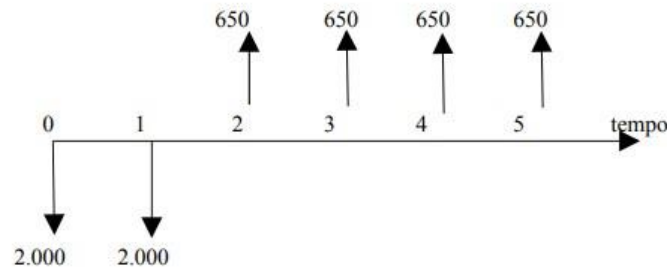
Filho (2017) menciona que a viabilidade econômica consiste na averiguação das seguintes etapas: projeção e avaliação do fluxo de caixa, cálculo da taxa de desconto e opção pela melhor alternativa consoante os itens *payback*, Valor Presente Líquido (VPL) e Taxa Interna de Retorno (TIR). Essas fases objetivam, de modo geral, avaliar a rentabilidade de projeto, assim como analisar, de forma detalhada, as vantagens e desvantagens de sua aplicação. Baseado nesses indicadores econômicos, calculados a partir do fluxo de caixa, soma-se o inventário inicial (saída) e o final (entrada) (FERREIRA, 2019).

LOURENÇO (2011) ressalta que, trata-se de um plano de pesquisa minucioso, pois permite explorar informações objetivando saber o tempo oportuno para investimento que apresente maior rentabilidade. Por outro lado, Ueda et. al (2017) ratificam essa análise verificando a consistência e grau de êxito econômico de um empreendimento, aferindo e examinando a performance do produto resultante do mesmo. Por fim, baseado nos números e projeções medidos, é possível visualizar de forma mais clara a verdadeira aptidão do investimento, auxiliando, portanto, na decisão de começar ou não o projeto.

2.3.1 Fluxo de Caixa

Para Kunrath (2019), o fluxo de caixa equivale a um conjunto de entradas e saídas de recursos em determinado período de tempo. Para representá-lo, podemos nos valer de gráficos (Figura 10), em que a linha horizontal ilustra o tempo, as setas para cima retornos de investimento e as setas para baixo valores investidos. Também podemos fazer uso de tabelas, em que ficam descritos os meses, operação e valor monetário, como o exemplo exposto na Tabela 4 .

Figura 10: Gráfico Fluxo de Caixa



Fonte: Vendite (2009)

Tabela 4: Exemplo de Tabela de Fluxo de Caixa

Mês	Operação	Valor (R\$)
0	Aplicação	-3000
1	Aplicação	-3000
2	Resgate	800
3	Resgate	800
4	Resgate	800
5	Resgate	800
6	Resgate	800

Fonte: Kunrath (2019)

2.3.2 Valor Presente Líquido (VPL)

O possível ganho monetário na realização de um investimento a uma determinada taxa de juros é o objetivo da determinação numérica do VPL, conforme especifica OLIVEIRA (2008). A Equação 1 ilustra seu cálculo, em que FC_0 é o fluxo de caixa no momento inicial e FC_j o valor de entrada ou saída de caixa para cada intervalo de tempo n a uma taxa de desconto i .

$$VPL = \sum_{j=1}^n \frac{FC_j}{(1+i)^j} - FC_0 \quad (1)$$

Para sua avaliação, $VPL > 0$ o projeto é aceitável, $VPL < 0$ o projeto é rejeitado, bem como $VPL = 0$, não é possível saber se é possível investir ou não.

O VPL é importante, pois fornece uma medida direta do benefício financeiro aos proprietários da empresa, sendo considerada a melhor medida individual de lucratividade (SOUZA, 2014). De maneira direta, FERREIRA (2000) listou as principais vantagens e desvantagens desse método, ilustradas no Quadro 1.

Quadro 1 - Vantagens e Desvantagens (VPL)

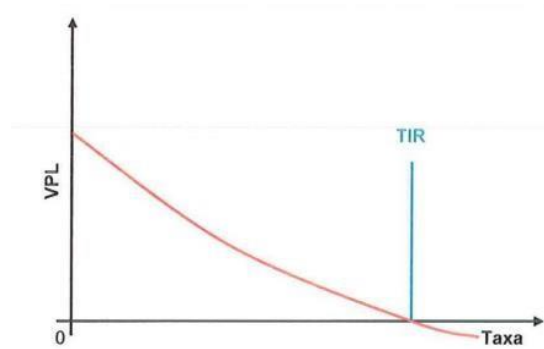
Vantagens	Desvantagens
Possibilidade de aplicação em fluxos de caixa com mais de uma variação de sinal (entrada e saída)	Necessita da determinação da Taxa Mínima de Atratividade (TMA)
Considera o valor dos recursos no tempo (de maneira direta, a unidade monetária em dado dia, isto é, hoje, tem valor superior ao de uma unidade monetária do futuro)	Taxa de reaplicação
Visualização gráfica de fácil entendimento e facilidade quanto aos métodos matemáticos.	Projetos com vida útil diferente devem se igualar a uma vida útil em comum, o que ocasiona diversos cálculos operacionais.

Fonte: Ferreira (2000)

2.3.3 Taxa Interna de Retorno (TIR)

Oliveira (2008) aborda a TIR como uma taxa de desconto, cuja finalidade é tornar o valor presente das receitas análogo ao valor presente dos desembolsos. De forma clara, o valor líquido do projeto torna-se nulo. A Figura 11 expõe a relação direta entre o VPL e o TIR, consoante preceitos de SOUZA e CLEMENTE (2011).

Figura 11: Ilustração Gráfica de TIR



Fonte: SOUZA e CLEMENTE (2011)

Em conotações matemáticas, o TIR pode ser entendido e resolvido mediante as Equações 2, 3 e 4, em que o VPL assume valor igual a zero.

$$VPL = \sum_{j=1}^n \frac{FC_j}{(1+i)^j} - FC_0 \quad (2)$$

$$0 = \sum_{j=1}^n \frac{FC_j}{(1+TIR)^j} - FC_0 \quad (3)$$

$$FC_0 = \sum_{j=1}^n \frac{FC_j}{(1+TIR)^j} \quad (4)$$

GITMAN (2010) destaca que, embora o processo matemático seja mais complicado quando comparado ao método de VPL, a TIR é empregada em grande escala em empresas, e, também, classifica-se como uma técnica sofisticada, pois prevê o orçamento de capital.

De acordo com AREND (2015), para sua análise, similar ao método VPL, temos:

- a) Se a TIR apresentar valor superior ao custo de capital, aceita-se o projeto;
- b) De maneira contrária, rejeita-se o mesmo.

Em geral, se o valor de TIR for superior à Taxa Mínima de Atratividade (TMA) considerada, o projeto pode ser considerado atrativo, do ponto de vista rentável, destaca FERREIRA (2019).

2.3.4 Payback

Consiste em um método que ilustra o tempo que a empresa investidora necessitará para recuperar o capital investido por intermédio dos lucros ocasionados pelo investimento, de acordo com CAVALCANTE (1998). GUIMARÃES e MARTINS (2012) comentam que é o principal método não exato, entretanto, mede o tempo necessário para que a somatória das parcelas anuais seja igual ao investimento inicial. Entre suas vantagens, destaca-se a possibilidade de visualizar se é possível ou não recuperar o investimento. SCHUBERT (1989) ressalta que é um método largamente difundido em empresas, por ser uma metodologia bastante intuitiva. Da mesma forma, apontam-se suas desvantagens, pois o método não considera o valor monetário no tempo, portanto, não contempla orçamento de capital (GROPPELLI e NIKBAKHT, 2010). Todavia, como alternativa, cita-se o *payback* descontado, em que “os fluxos futuros são trazidos a valor presente mediante aplicação de uma Taxa Mínima de Atratividade” (SILVA, HENRIQUE e MIMURA, 2018).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 METODOLOGIA

A dissertação em foco é um estudo teórico, de natureza reflexiva, que requer sistematização, ordenação e interpretação dos dados (LAKATOS; MARCONI, 2011).

A sua execução seguiu as seguintes etapas:

a) Levantamento bibliográfico

Compreendeu uma extensa pesquisa em referências bibliográficas, com enfoque ao conhecimento do estado da arte, voltado em especial aos materiais desenvolvidos pela Agência Nacional de Mineração (ANM), Centro de Tecnologia Mineral (CETEM), Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM), Grupo de Geotecnia (GEOTEC) da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), assim como uma revisão de diversos trabalhos em âmbito nacional e internacional, tais quais: livros, teses, dissertações, monografias, artigos, revistas e legislações pertinentes ao tema.

b) Estudos econômicos

Para realização desse estudo utilizou-se como referência a pavimentação de uma estrada vicinal localizada no ramal da cabeceira do Purupuru, km 22 da BR – 319, com 8,7 km de extensão, no Município do Careiro/AM, cujo prazo de execução é de 210 dias.

Para elaboração do fluxo de caixa tomou-se como base o cronograma financeiro sugerido pela SEINFRA (Secretaria de Estado de Infraestrutura e Região Metropolitana de Manaus), sendo o BDI de 15% e o lucro de 7,5% (Tabela 5).

Tabela 5: Cronograma Financeiro

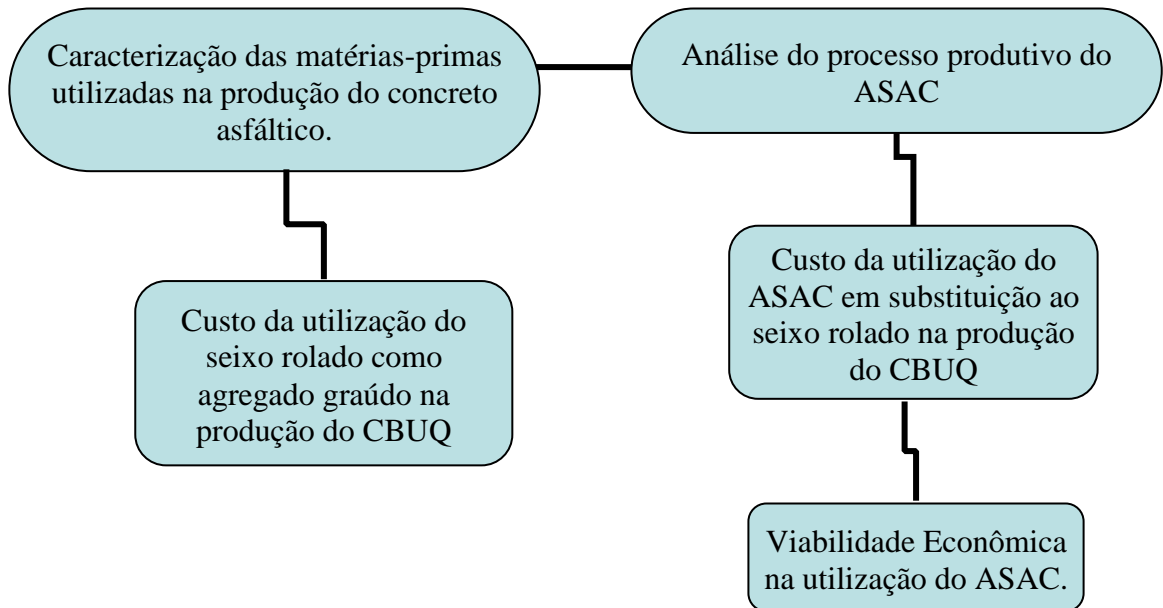
Descrição	30 dias	60 dias	90 dias	120 dias
	Valor	Valor	Valor	Valor
ADMINISTRAÇÃO DA OBRA	92,848.82	227,219.35	213,661.24	210,998.04
FORNECIMENTO, TRANSPORTE E MOBILIZAÇÃO MANAUS/CAREIRO (KM 22 BR-319)	0.00	1,345,443.37	1,312,279.80	207,974.21
PAVIMENTAÇÃO DO RAMAL DA CABECEIRA DO PURUPURU, LOCALIZADO NO KM 22 DA BR-319 NO MUNICÍPIO DE CAREIRO/AM	0.00	2,648,552.13	3,216,041.11	3,123,599.48
	92,848.82	4,221,214.85	4,741,982.15	3,542,571.73
	92,848.82	4,314,063.67	9,056,045.82	12,598,617.55
Descrição	150 dias	180 dias	210 dias	
	Valor	Valor	Valor	
ADMINISTRAÇÃO DA OBRA	162,092.02	151,923.43	151,802.38	
FORNECIMENTO, TRANSPORTE E MOBILIZAÇÃO MANAUS/CAREIRO (KM 22 BR-319)	0.00	0.00	89,327.71	
PAVIMENTAÇÃO DO RAMAL DA CABECEIRA DO PURUPURU, LOCALIZADO NO KM 22 DA BR-319 NO MUNICÍPIO DE CAREIRO/AM	1,102,555.12	50,715.99	159,962.75	
	1,264,647.14	202,639.42	401,092.84	
	13,863,264.69	14,065,904.11	14,466,996.95	

Fonte: SEINFRA, 2020

Empregou-se como referência a composição SICRO3 6416078, em que a brita, integrante da formulação original, foi substituída pelo seixo rolado e ASAC para fins de comparação. A análise realizada consistiu em calcular o preço de mercado da produção do CBUQ com os citados materiais, fazendo um comparativo econômico. Para tanto, elaboraram-se planilhas com composição de custos unitários, advindos da pesquisa no comércio local e dos sistemas de preços oficiais como o SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil) e SICRO (Sistema de Custos Referenciais de Obras).

Em resumo, o desenvolvimento do trabalho seguiu as etapas apresentadas no fluxograma da Figura 12, caracterizando a matéria-prima utilizada na confecção do concreto asfáltico, analisando a viabilidade econômica da participação do ASAC como agregado graúdo.

Figura 12: Etapas da Dissertação



3.2 ASAC COMO AGREGADO GRAÚDO

As investigações com queima de argila surgiram nos Estados Unidos da América, na cidade de Kansas, no início do século passado, para resolver um problema de inchamento em tijolos. É importante apontar inicialmente os estudos com argila expandida. No Brasil, a princípio, foram realizadas experiências com agregado de argila expandida com intuito de substituir a brita na pavimentação de rodovias, particularmente na Região Norte do Brasil. Outros países, notadamente os Estados Unidos, já utilizavam esses agregados em obras de pavimentação e em concreto estrutural leve.

No Texas as pesquisas evoluíram para um agregado sintético, produzido pela queima da argila a partir de 760°C, que difere da argila expandida, que é obtida a partir de temperaturas superiores a 1.110°C. Essa mudança reduziu significativamente os custos para produção de agregados a partir da queima da argila. Nos estados americanos do Texas e da Louisiana foram construídos vários trechos de pavimentos flexíveis com agregados de argila expandida, que apresentaram desempenho satisfatório.

A produção do Agregado Sinterizado de Argila Calcinada desde o seu início teve como preocupação apontar que o mesmo mostra-se como uma alternativa

viável ao uso do agregado britado, sob o ponto de vista técnico e aspecto econômico. Outro fator importante é viabilizar a sua produção para utilização em grande escala desse agregado.

Evidencia-se que na presente investigação, pela similaridade na produção, optou-se por usar a estrutura das indústrias cerâmicas que fabricam tijolos, uma vez que, a única modificação no processo seria a boquilha de extrusão, além da facilidade de encontrar unidades de produção de tijolos na maioria dos municípios amazonenses, o que facilitaria a construção das rodovias na região.

Pelo exposto, destacamos que além de termos abundância na região Amazônica da matéria-prima utilizada para confecção do ASAC, a argila, e por termos custos econômicos elevados, além do alto impacto ambiental na obtenção da brita e do seixo, ressaltamos a grande importância da utilização do ASAC na região, pois proporcionaria uma melhoria técnica na pavimentação das rodovias resultando em ganhos diretos e indiretos para população local.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na comparação dos dois cenários foram considerados alguns parâmetros como:

1. Para o cálculo da depreciação anual dos equipamentos utilizados no cenário 2 utilizou-se o percentual de 10% do investimento.
2. No imposto sobre venda foi considerada a alíquota de 21,25%
3. Da composição do B.D.I. fornecida pelo órgão contratante foi obtido o percentual do lucro que é de 7,5%.
4. Para a Contribuição Social sobre o Lucro Líquido (CSLL) foi utilizado o percentual de 24%.

Estes percentuais foram utilizados na elaboração das tabelas 8 e 9.

4.1 AQUISIÇÃO DO PREÇO UNITÁRIO DOS INSUMOS

4.1.1 Materiais convencionais e Material alternativo (ASAC)

Os valores dos insumos correspondentes a areia média, pó de pedra, Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP) e seixo, coletados na tabela de preços do SINAPI do Estado do Amazonas, com data base em junho de 2020, podem ser observados na Tabela 6. Destaca-se que os referidos valores não consideram o transporte dos materiais.

Tabela 6: Valor unitário em R\$, com base no SINAPI/Amazons, em 07/2020, dos usuais materiais de misturas asfálticas regionais.

Materiais	Unidade	Valor Unitário (R\$)
Areia Média	m ³	75,00
Pó de Pedra	m ³	89,12
CAP	T	2.658,96
Seixo	m ³	119,45

O valor unitário do ASAC foi obtido com base na sua produção para consumo na obra, ou seja, seu custo direto não consistirá nas parcelas referentes a Administração/Vendas, Impostos e Lucratividade. As quantidades foram

fundamentadas em Silva e Frota (2013), e o valor unitário atualizado com base em julho/2020. Assim, resultou o valor igual a R\$ 112,88/t, por tonelada (Tabela 7).

Tabela 7: Valor unitário da produção da tonelada de ASAC, para consumo próprio.

Descrição	Unidade	Quantidade	Valor Unitário (R\$)	Valor total (R\$)
Matéria-prima	m ³	0,83	12,71	10,54
Homogeneização	t	1,25	11,39	14,23
Calcinação	t	1	87,3	87,3
Instalações Físicas	t	1,25	0,65	0,81
Custo Total				R\$ 112,88

Nesse cenário, tendo em conta que a densidade aparente no estado solto é de 1.062 kg/m³ (SILVA e FROTA, 2013), obteve-se que o valor do metro cúbico do ASAC é de 119,88/m³, conforme Equação 5 .

$$R\$ 112,88/t \times 1,062 \frac{t}{m^3} = R\$ 119,88/m^3 \quad (5)$$

4.2 CUSTO DA PRODUÇÃO DO CONCRETO ASFÁLTICO

4.2.1 Materiais convencionais e Materiais Alternativos (ASAC)

A composição de referência pela SICRO3 6416078, que descreve a Usinagem de Concreto Asfáltico – Faixa C – Areia e Brita Comerciais (Figura 13), foi adaptada para uma formulação contendo o Seixo (Figura 14). Selecionou-se a referida constituição, tendo em vista que a mesma é utilizada para a contratação de obras no Estado do Amazonas. A data base tomada foi a de julho de 2020, pois representava a mais recente durante o desenvolvimento do trabalho. Ressalta-se que, o custo da usinagem da mistura asfáltica contendo brita e seixo é da ordem de R\$ 268,00 e R\$ 268,17, respectivamente. Realizou-se de igual modo uma nova adaptação, considerando agora o agregado de argila (ASAC), que resultou no valor R\$ 268,23 (Figura 15).

Figura 13: Usinagem de Concreto Asfáltico contendo Brita em sua composição (SICRO 6416078)

A	Equipamentos	Quant.	Utilização		Custo Operacional		Custo Horário
			Operativa	Improdutiva	Operativa	Improdutiva	
E9559	Aquecedor de fluido térmico - 12 kW	1,00000	1,00	0,00	40,2357	18,2777	40,2357
E9584	Carregadeira de pneus com capacidade de 1,53 m³ - 106 kW	1,00000	0,57	0,43	139,1054	56,6834	103,6639
E9021	Grupo gerador - 456 kVA	1,00000	1,00	0,00	219,8686	11,2388	219,8686
E9558	Tanque de estocagem de asfalto com capacidade de 30.000 l	2,00000	1,00	0,00	23,9645	16,3325	47,9290
E9689	Usina de asfalto a quente gravimétrica com capacidade de 100/140 t/h - 260 kW	1,00000	1,00	0,00	771,5101	410,6134	771,5101
Custo Horário de Equipamentos							1.183,2073
B	Mão de Obra	Quant.	Unidade	Custo Horário		Custo Horário	
P9824	Servente			16,4322		131,4576	
Custo horário total de mão de obra							131,4576
Custo horário total de execução							1.314,6649
Custo Unitário de Execução							15,8393
Fator de Influencia da Chuva - FIC							
C	Material	Quant.	Unidade	Preço Unitário		Custo Horário	
M0028	Areia média	0,32704	m³		57,6100	18,8408	
M0005	Brita 0	0,12579	m³		118,0600	14,8508	
M0345	Cal hidratada	56,60377	kg		0,5262	29,7849	
M1943	Cimento asfáltico CAP 50/70	0,05660	t		2658,96	150,4971	
M1103	Pedrisco	0,13836	m³		109,13	15,0992	
M1941	Óleo combustível 1A	8,00000	l		2,6126	20,9008	
Custo unitário total de material							249,9736
E	Tempos Fixos	Quant.	Unidade	Preço Unitário		Custo Horário	
M0028 - 5914647	Areia média - Carga, manobra e descarga de areia, brita, pedra de mão ou solos em caminhão basculante de 10 m³ - carga com carregadeira (exclusa) e descarga livre	0,49056	t		1,0100	0,50	
M0005 - 5914647	Brita 0 - Carga, manobra e descarga de areia, brita, pedra de mão ou solos em caminhão basculante de 10 m³ - carga com carregadeira (exclusa) e descarga livre	0,18869	t		1,0100	0,19	
M0345 - 5914655	Cal hidratada - Carga, manobra e descarga de materiais diversos em caminhão carroceria de 15 t - carga e descarga manuais	0,05660	t		22,8500	1,29	
M1103 - 5914647	Pedrisco - Carga, manobra e descarga de areia, brita, pedra de mão ou solos em caminhão basculante de 10 m³ - carga com carregadeira (exclusa) e descarga livre	0,20754	t		1,0100	0,21	
Custo Total dos Tempos Fixos							2,1890
Custo Unitário Direto Total							268,00

Fonte: DNIT, 2020.

Figura 14: Usinagem de Concreto Asfáltico contendo Seixo em sua composição

A	Equipamentos	Quant.	Utilização		Custo Operacional		Custo Horário
			Operativa	Improdutiva	Operativa	Improdutiva	
E9559	Aquecedor de fluido térmico - 12 kW	1,00000	1,00	0,00	40,2357	18,2777	40,2357
E9584	Carregadeira de pneus com capacidade de 1,53 m³ - 106 kW	1,00000	0,57	0,43	139,1054	56,6834	103,6639
E9021	Grupo gerador - 456 kVA	1,00000	1,00	0,00	219,8686	11,2388	219,8686
E9558	Tanque de estocagem de asfalto com capacidade de 30.000 l	2,00000	1,00	0,00	23,9645	16,3325	47,9290
E9689	Usina de asfalto a quente gravimétrica com capacidade de 100/140 t/h - 260 kW	1,00000	1,00	0,00	771,5101	410,6134	771,5101
Custo Horário de Equipamentos							1.183,2073
B	Mão de Obra	Quant.	Unidade	Custo Horário		Custo Horário	
P9824	Servente			16,4322		131,4576	
Custo horário total de mão de obra							131,4576
Custo horário total de execução							1.314,6649
Custo Unitário de Execução							15,8393
C	Material	Quant.	Unidade	Fator de Influencia da Chuva - FIC Preço Unitário		Custo Horário	
M0028	Areia média	0,32704	m³		57,6100	18,8408	
INSUMO PRÓPRIO	Seixo	0,12579	m³		119,45	15,0256	
M0345	Cal hidratada	56,60377	kg		0,5262	29,7849	
M1943	Cimento asfáltico CAP 50/70	0,05660	t		2658,96	150,4971	
M1103	Pedrisco	0,13836	m³		109,13	15,0992	
M1941	Óleo combustível 1A	8,00000	l		2,6126	20,9008	
Custo unitário total de material							250,1484
E	Tempos Fixos	Quant.	Unidade	Preço Unitário		Custo Horário	
M0028 - 5914647	Areia média - Carga, manobra e descarga de areia, brita, pedra de mão ou solos em caminhão basculante de 10 m³ - carga com carregadeira (exclusa) e descarga livre	0,49056	t		1,0100	0,50	
M0005 - 5914647	Brita 0 - Carga, manobra e descarga de areia, brita, pedra de mão ou solos em caminhão basculante de 10 m³ - carga com carregadeira (exclusa) e descarga livre	0,18869	t		1,0100	0,19	
M0345 - 5914655	Cal hidratada - Carga, manobra e descarga de materiais diversos em caminhão carroceria de 15 t - carga e descarga manuais	0,05660	t		22,8500	1,29	
M1103 - 5914647	Pedrisco - Carga, manobra e descarga de areia, brita, pedra de mão ou solos em caminhão basculante de 10 m³ - carga com carregadeira (exclusa) e descarga livre	0,20754	t		1,0100	0,21	
Custo Total dos Tempos Fixos							2,1890
Custo Unitário Direto Total							268,17

Fonte: DNIT, 2020.

Salienta-se que o custo da usinagem com a formulação asfáltica contendo BRITA é de R\$ 268,00 e com seixo é da ordem de R\$ 268,17.

4.2.2 Material alternativo (ASAC)

Posteriormente, realizou-se uma nova adaptação considerando a utilização do ASAC na formulação resultando no valor R\$ 268,23 (Figura 15).

Figura 15: Usinagem de Concreto Asfáltico contendo ASAC em sua composição

A	Equipamentos	Quant.	Utilização		Custo Operacional		Custo Horário	
			Operativa	Improdutiva	Operativa	Improdutiva		
E9559	Aquecedor de fluido térmico - 12 kW	1,00000	1,00	0,00	40,2357	18,2777	40,2357	
E9584	Carregadeira de pneus com capacidade de 1,53 m³ - 106 kW	1,00000	0,57	0,43	139,1054	56,6834	103,6639	
E9021	Grupo gerador - 456 kVA	1,00000	1,00	0,00	219,8686	11,2388	219,8686	
E9558	Tanque de estocagem de asfalto com capacidade de 30.000 l	2,00000	1,00	0,00	23,9645	16,3325	47,9290	
E9689	Usina de asfalto a quente gravimétrica com capacidade de 100/140 t/h - 260 kW	1,00000	1,00	0,00	771,5101	410,6134	771,5101	
Custo Horário de Equipamentos							1.183,2073	
B	Mão de Obra	Quant.	Unidade			Custo Horário	Custo Horário	
P9824	Servente				16,4322		131,4576	
Custo horário total de mão de obra							131,4576	
Custo horário total de execução							1.314,6649	
Custo Unitário de Execução							15,8393	
C	Material	Quant.	Unidade	Fator de Influência da Chuva - FIC		Preço Unitário	Custo Horário	
M0028	Areia média	0,32704	m³			57,6100	18,8408	
INSUMO PRÓPRIO	ASAC	0,12579	m³			119,88	15,0797	
M0345	Cal hidratada	56,60377	kg			0,5262	29,7849	
M1943	Cimento asfáltico CAP 50/70	0,05660	t			2658,96	150,4971	
M1103	Pedrisco	0,13836	m³			109,13	15,0992	
M1941	Óleo combustível 1A	8,00000	l			2,6126	20,9008	
Custo unitário total de material							250,2025	
E	Tempos Fixos	Quant.	Unidade			Preço Unitário	Custo Horário	
M0028 - 5914647	Areia média - Carga, manobra e descarga de areia, brita, pedra de mão ou solos em caminhão basculante de 10 m³ - carga com carregadeira (exclusa) e descarga livre	0,49056	t			1,0100	0,50	
M0005 - 5914647	Brita 0 - Carga, manobra e descarga de areia, brita, pedra de mão ou solos em caminhão basculante de 10 m³ - carga com carregadeira (exclusa) e descarga livre	0,18869	t			1,0100	0,19	
M0345 - 5914655	Cal hidratada - Carga, manobra e descarga de materiais diversos em caminhão carroceria de 15 t - carga e descarga manuais	0,05660	t			22,8500	1,29	
M1103 - 5914647	Pedrisco - Carga, manobra e descarga de areia, brita, pedra de mão ou solos em caminhão basculante de 10 m³ - carga com carregadeira (exclusa) e descarga livre	0,20754	t			1,0100	0,21	
Custo Total dos Tempos Fixos							2,1890	
Custo Unitário Direto Total							268,23	

Fonte: DNIT, 2020.

4.3 COMPARAÇÃO E ANÁLISE ECONÔMICA EM DOIS CENÁRIOS

De acordo com o SEBRAE (2019), o custo para a implantação de uma olaria varia entre R\$ 466.340,00 e R\$ 759.050,00. Nessa pesquisa, adotou-se o valor médio de R\$ 612.695,00 para uma planta com produção mensal de 200 milhares/mês, produção suficiente para abastecer a obra em tela.

Tabela 8: Fluxo de caixa da construção da rodovia utilizando CBUQ contendo seixo

Descrição	0 ano	30 dias	60 dias	90 dias	120 dias	150 dias	180 dias	210 dias
Receita Bruta (R\$)	-	92.848,82	4.221.214,85	4.741.982,15	3.542.571,73	1.264.647,14	202.639,42	401.092,84
(-) Imposto Prop. s/ Vendas (R\$)	-	19.730,37	897.008,16	1.007.671,21	752.796,49	268.737,52	43.060,88	85.232,23
(=) Receita Líquida (R\$)	-	73.118,45	3.324.206,69	3.734.310,94	2.789.775,24	995.909,62	159.578,54	315.860,61
(-) Custos Fixos e Variáveis de Produção (R\$)	-	66.433,33	3.020.279,23	3.392.888,23	2.534.710,07	904.855,03	144.988,51	286.981,93
(=) Lucro Bruto (R\$)	-	6.685,12	303.927,47	341.422,71	255.065,16	91.054,59	14.590,04	28.878,68
(-) Despesas Gerais Variáveis	-	-	-	-	-	-	-	-
(-) Despesas Gerais Fixas	-	-	-	-	-	-	-	-
(-) Despesas Financeiras	-	-	-	-	-	-	-	-
(=) Lucro Líquido antes do IR (R\$)	-	6.685,12	303.927,47	341.422,71	255.065,16	91.054,59	14.590,04	28.878,68
(-) Depreciação (R\$)	-	-	-	-	-	-	-	-
(=) Lucro Operacional (R\$)	-	6.685,12	303.927,47	341.422,71	255.065,16	91.054,59	14.590,04	28.878,68
(+) Resultado venda ativo	-	-	-	-	-	-	-	-
(=) Lucro Tributável (R\$)	-	6.685,12	303.927,47	341.422,71	255.065,16	91.054,59	14.590,04	28.878,68
IR/CSLL (R\$)	-	1.604,43	72.942,59	81.941,45	61.215,64	21.853,10	3.501,61	6.930,88
Lucro Líquido após o IR (R\$)	-	5.080,69	230.984,88	259.481,26	193.849,53	69.201,49	11.088,43	21.947,80
(-) Amortização	-	-	-	-	-	-	-	-
(-) Investimentos (R\$)	0,00	-	-	-	-	-	-	-
(+) Liberação Financiamento	-	-	-	-	-	-	-	-
(+) Valor Residual	-	-	-	-	-	-	-	-
Fluxo Caixa Empreendimento (R\$)	0,00	5.080,69	230.984,88	259.481,26	193.849,53	69.201,49	11.088,43	21.947,80
Taxa Interna de Retorno	-	-	TMA	6,50%				
Taxa de Retorno Esperada	10%		IR/CSLL	24%				
Valor Presente Líquido	R\$ 583.359,85		V. Residual	-				
Payback	0		-	-				
Dias para o retorno do investimento	0		-	-				

Tabela 9: Fluxo de caixa da construção da rodovia utilizando CBUQ contendo ASAC

Descrição	0 ano	30 dias	60 dias	90 dias	120 dias	150 dias	180 dias	210 dias
Receita Bruta (R\$)	-	92.848,82	4.221.214,85	4.741.982,15	3.542.571,73	1.264.647,14	202.639,42	401.092,84
(-) Imposto Prop. s/ Vendas (R\$)	-	19.730,37	897.008,16	1.007.671,21	752.796,49	268.737,52	43.060,88	85.232,23
(=) Receita Líquida (R\$)	-	73.118,45	3.324.206,69	3.734.310,94	2.789.775,24	995.909,62	159.578,54	315.860,61
(-) Custos Fixos e Variáveis de Produção (R\$)	-	66.209,57	3.010.106,10	3.381.460,05	2.526.172,47	901.807,23	144.500,14	286.015,29
(=) Lucro Bruto (R\$)	-	6.908,88	314.100,60	352.850,89	263.602,76	94.102,39	15.078,40	29.845,32
(-) Despesas Gerais Variáveis	-	-	-	-	-	-	-	-
(-) Despesas Gerais Fixas	-	-	-	-	-	-	-	-
(-) Despesas Financeiras	-	-	-	-	-	-	-	-
(=) Lucro Líquido antes do IR (R\$)	-	6.908,88	314.100,60	352.850,89	263.602,76	94.102,39	15.078,40	29.845,32
(-) Depreciação (R\$)	-	-	-	-	-	-	-	-
(=) Lucro Operacional (R\$)	-	6.908,88	314.100,60	352.850,89	263.602,76	94.102,39	15.078,40	29.845,32
(+) Resultado venda ativo	-	-	-	-	-	-	-	-
(=) Lucro Tributável (R\$)	-	6.908,88	314.100,60	352.850,89	263.602,76	94.102,39	15.078,40	29.845,32
IR/CSLL (R\$)	-	1.658,13	75.384,14	84.684,21	63.264,66	22.584,57	3.618,82	7.162,88
Lucro Líquido após o IR (R\$)	-	5.250,75	238.716,45	268.166,68	200.338,10	71.517,82	11.459,58	22.682,44
(-) Amortização	-	-	-	-	-	-	-	-
(-) Investimentos (R\$)	612.695,00	-	-	-	-	-	-	-
(+) Liberação Financiamento	-	-	-	-	-	-	-	-
(+) Valor Residual	576.956,50	-	-	-	-	-	-	-
Fluxo Caixa Empreendimento (R\$)	-35.738,50	5.250,75	238.716,45	268.166,68	200.338,10	71.517,82	11.459,58	22.682,44
Taxa Interna de Retorno	218%	-	TMA	6,50%				
Taxa de Retorno Esperada	10%		IR/CSLL	24%				
Valor Presente Líquido	R\$ 567.147,70		V. Residual	94,17%				
Payback	0,305781401		-	-				
Dias para o retorno do investimento	111,6102113		-	-				

CONCLUSÃO

Ao analisarmos os resultados encontrados no estudo comparativo acima, referente à produção do concreto asfáltico na pavimentação da estrada vicinal localizada no km 22, da BR-319, verificamos que a utilização do ASAC apresentou apenas um ligeiro acréscimo no custo unitário do CBUQ, da ordem de 0,063%, em substituição ao seixo rolado. A esta constatação adicionamos outros dois importantes fatores a serem considerados. O primeiro é a localização da obra utilizada no estudo comparativo. Os custos foram calculados estabelecendo como referência uma obra situada na região Metropolitana de Manaus, onde temos o seixo rolado para pronta utilização.

No entanto, a maioria de nossos municípios, como já destacado anteriormente, não tem disponível essa matéria-prima, o que faz com que o transporte seja um fator relevante devido ao seu alto custo, encarecendo sobremaneira, o preço do seixo rolado o que nos leva a concluir que quanto mais distante a localidade mais viável economicamente se torna o uso do ASAC em nossa região.

O segundo fator e talvez o mais importante na utilização do ASAC em substituição ao seixo rolado seria a diminuição dos danos ao meio ambiente. A extração dos materiais pétreos hoje utilizados para confecção do material asfáltico causa um enorme impacto ambiental. Citando apenas alguns, temos: erosão, instabilidade de encostas, contaminação das águas superficiais e subterrâneas, assoreamento dos rios, além do impacto sobre fauna e flora aquáticas, todos estes de difícil reversão, que tem como consequência grandes prejuízos ambientais e econômicos para a região.

No estudo da viabilidade econômica foram considerados dois cenários: O primeiro considerando os materiais tradicionais no qual o VPL foi de R\$ 583.359,85 (Quinhentos e oitenta e três mil, trezentos e cinquenta e nove reais e oitenta e cinco centavos), não sendo apurado nenhum valor para a TIR e PAYBACK, uma vez que não há investimento inicial nesta opção.

No segundo cenário, utilizando o material alternativo, o ASAC, o fator da TIR foi de 218%, com PAYBACK de 111,61 dias e VPL de R\$ 567.147,70

(Quinhentos e sessenta e sete mil, cento e quarenta e sete reais e setenta centavos).

Comparando os dois cenários concluímos que a utilização do ASAC em substituição aos agregados tradicionais na pavimentação das vias rodoviárias de nossa região é totalmente viável economicamente, principalmente em localidades distantes de Manaus, notadamente na região sudoeste do estado do Amazonas , por ser uma região carente de material pétreo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6576: **Materiais asfálticos** – Determinação da penetração. Rio de Janeiro, 2007.

ACL Silva, CA Frota. **Estudo da viabilidade econômica para produção de agregado sinterizado de argila calcinada** (Study of economic viability for production of sintered aggregate of calcined clay). Cerâmica vol 59, nº 352 508-517. São Paulo. Out/Dez 2013.

ANDRÉ, F. P. **Dosagem Científica de Concretos Usando Areia de Brita com BétonlabPro® 3**. Monografia (Graduação) - Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

ANNIBELLI, M. B.; SOUZA FILHO, C. F. M. de. **Mineração de areia e seus impactos sócio-econômico-ambientais**. In: CONGRESSO NACIONAL DO CONPEDI, 16., 2007, Belo horizonte, 2007.

ANP- AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. Resolução ANP nº19/2005, 2005.

AREND, Luciana. **Análise de Risco e Retorno no Estudo da Viabilidade Econômica e Financeira para a Implantação de uma Oficina Mecânica Especializada em Veículos Antigos na Cidade de Lajeado/RS**. Monografia (Graduação em Administração), Centro Universitário Univates, Lajeado, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Agregado para concreto**: NBR 7211. Rio de Janeiro, 1983.

BAUER, L. A. F. **Materiais de Construção**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

CABRAL, G. L. L.; VIEIRA, A. **Agregado artificial de argila calcinada: a primeira inovação tecnológica patenteada pelo IME**. Revista Militar de Ciência e Tecnologia. Volume XXII - 3º quadrimestre de 2005.

CAMPOS, A. M. L. Da S. **O Efeito da Temperatura de Queima no Agregado Sintético de Argila Calcinada, Aplicado em Concreto Asfáltico**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2008.

CAVALCANTE, Francisco. **Análise de projetos de investimento**. Cavalcante & Associados, ano I, n. 8, 1998.

CUNHA, M. J. A. Da. **Comportamento Mecânico de Misturas Asfálticas com Agregados Sinterizados de Argila Calcinada**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2014.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. ES 031: **Pavimentos flexíveis - Concreto asfáltico**. Rio de Janeiro, 2006, 14p.
DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de Pavimentação**. Rio de Janeiro, 2006.

DNIT- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. 155/2010-ME: **Material asfáltico – determinação da penetração – Método de Ensaio**. Rio de Janeiro, 2010.

ECL – Engenharia, Consultoria e Economia S. A. **Fábrica protótipo móvel de agregados argila**: Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Manaus, 1989.

FERREIRA, Roberto Gomes. **Matemática Financeira Aplicada: Mercado de Capitais, Administração Financeira, Engenharia Econômica**. 5 ed. Editora Universitária da UFPE: 2000. 536p.

FERREIRA, Robson Leandro. **Avaliação Econômico-Financeira de um Sistema de Cria de Gado de Corte em Região Leiteira de Minas Gerais**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019.

FIESP. Federação das Indústrias do Estado de São Paulo. **Impactos Sociais e econômicos da regulamentação CONAMA sobre intervenção em APP sobre o setor de agregados e argilas**. Mineração, geologia e Meio Ambiente. 2006. 95 p.

Filasco, T. B.; Steiner, L. R. **Estudo do Comportamento de Misturas Asfáltica Utilizando Seixo como Agregado Pétreo**. Artigo (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Universidade do Extremo Sul Catarinense, 2017.

FILHO, José Ribamar Santos Moraes. **Análise de viabilidade econômica do mercado de microgeração fotovoltaica on grid no Estado do Maranhão**. 2017. 121f. Dissertação (Mestrado em Energia e Ambiente) - Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2017.

FURASTÉ, Pedro Augusto. **Normas Técnicas para o Trabalho Científico: Explicitação das Normas da ABNT**. – 17, ed. – Porto Alegre: Dáctilo Plus, 2015.

GITMAN, Lawrence J. **Princípios de Administração Financeira**. 12 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.

GROPPELLI, A.A; NIKBAKHT, Ehsan. **Administração Financeira**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2006.

GUIMARÃES, Ana Maria Paiva; MARTINS, Pablo Luiz. **Estudo da Viabilidade de Investimentos em uma Franquia de Ensino Profissionalizante**. Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, 2012.

IPR - INSTITUTO DE PESQUISAS RODOVIÁRIAS. Publicação IPR-719: **Manual de pavimentação**. Rio de Janeiro, 2006.

KUNRATH, Abel. **Análise da Viabilidade Econômica e Financeira de um Campo de Futebol Sintético na Cidade de Arroio do Meio/RS considerando o Risco Associado ao Retorno**. Monografia (Administração de Empresas), Universidade do Vale do Taquari, Lajeado, 2019.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Metodologia científica**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2011

LOURENÇO, Maria do Céu de André. **Análise de viabilidade econômica financeira para implementação de uma escola de música no município de Içara- SC**. 2011. 146f. Monografia (Graduação em Administração), Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2011.

MARQUES, G. L. DE O. **Notas de Aula da Disciplina Pavimentação**. Universidade Federal de Juiz de Fora, p. 210, TRN 032, 2006.

OLIVEIRA, Mário Henrique da Fonseca. **A avaliação econômico-financeira de investimentos sob condição de incerteza: uma comparação entre o método de Monte Carlo e o VPL fussy**. 2008. 231f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

PFALTZGRAFF, P. A. dos S. **Aspectos ambientais da lavra de areia, exemplo da área produtora do Rio São João**. 1994. 81 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Geologia, Universidade Federal Rio De Janeiro. Rio de Janeiro, RJ, 1994.

QUARESMA, L. F. **Agregados para construção civil: Relatório Técnico**. Brasília: Ministério de Minas e Energia / Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral-SGM, 2009. 33 p.

SCHUBERT, Pedro. **Análise de investimentos e taxa de retorno**. São Paulo: Ática, 1989. 99p.

SENÇO, W. D. **Manual de técnicas de pavimentação**. vol. 1, 2ª edição, editora PINI. São Paulo, 2007.

SERNA, H. A.; REZENDE, M. M. **Agregados Para a Construção Civil**. Departamento Nacional de Produção Mineral, 2009. Disponível em: <<http://anepac.org.br/wp/wp-content/uploads/2011/07/DNPM2009.pdf>>. Acesso em: 5 Maio de 2019.

SILVA, A. C. L. Da; FROTA, C. A. **Estudo da viabilidade econômica para produção de agregado sinterizado de argila calcinada**. Cerâmica 59, 352-508. Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2013.

SILVA, Carlos Eduardo; HENRIQUE, Daniel Christian; MIMURA, André Toshio. **Análise do Payback Descontado em Sistemas Residenciais de Captação de Água de Chuva no Estado de Santa Catarina.** Revista Produção Online. Florianópolis, SC, v. 18, n. 3, p. 1043-1075, 2018.

SOUZA, A.; CLEMENTE, A. **Decisões Financeiras e Análise de Investimentos: Fundamentos Teóricos e Aplicações.** 4 ed. São Paulo: Atlas, 2011.
SOUZA, Acilon B. **Curso de administração financeira e orçamento: princípios e aplicações.** São Paulo: Atlas, 2014.

VIEIRA, C. I. P.; Viana, B. A. S. 2016. **Áreas de extração mineral para construção civil em Teresina - PI:** aspectos físicos e seus impactos socioambientais. Revista Equador 5, 99-119.

UEDA, Renan Mitsuo; MELCHIOR, Cristiane; RABENSCHLAG, Denis Rasquin; SOUZA, Adriano Mendonça; ZANINI, Roselaine Ruviaro. **Análise de viabilidade econômico-financeira de um empreendimento do setor alimentício com o uso de técnicas determinísticas.** XXXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Joinville, SC, 2017.