

ANÁLISE COMPARATIVA DOS RESULTADOS DOS ENSAIOS MARSHALL PARA O CAP 50/70 E CAP EMBORRACHADO

João Fernando Braccini¹

Ezequiel Furini Puton²

Fernando Lothario Becker; Lázaro Augusto Dellatorre³

RESUMO

O tipo de revestimento asfáltico mais utilizado no Brasil é o concreto betuminoso usinado a quente, podendo ser confeccionado utilizando vários tipos de betumes e também alguns tipos de aditivos. São classificados em três diferentes camadas, com seus respectivos parâmetros limites. Este trabalho tem como objetivo principal analisar as variações dos parâmetros Marshall para diferentes teores de CAP 50/70 emborrachado. As amostras analisadas são de misturas que utilizaram CAP 50/70 e CAP emborrachado, para assim também saber qual o comportamento da mistura se utilizado diferentes tipos de CAP's. O método científico utilizado para a metodologia do trabalho foi o indutivo, o nível de pesquisa se classifica como descritiva, tendo como delineamento a pesquisa documental utilizando como instrumento de coleta de dados apenas documentos laboratoriais de ensaios já realizados, sendo assim quantitativa é a técnica de análise e coleta de dados. Após coleta dos dados e posterior análise das informações obtidas, conclui-se que a variação das porcentagens de betume não tem relação direta com o resultado das amostras por apresentarem resultados bem variados entre as porcentagens analisadas.

Palavras-chave: Amostra. CAP. Ensaio Marshall.

1 INTRODUÇÃO

Baldo (2007), compreende que o homem, a fim de obter melhor acesso às áreas cultiváveis e às fontes de matéria prima, além de expandir sua área ou território de influência, criou o que se chama de estradas. Inventada na China as estradas foram aperfeiçoadas pelos romanos, que instalaram pavimentos e drenagem, com o intuito de torná-las mais resistentes e duráveis. Tamanha foi a importância para a sociedade romana, que o senhor de Roma era responsável pela manutenção das grandes vias de circulação, que era extremamente importante para a estabilidade política, econômica, militar e também para a agricultura, importante atividade econômica.

A garantia de uma superfície aderente proporciona uma melhor qualidade de frenagem reduzindo assim o número de acidentes. A diminuição do nível de ruídos em rodovias e vias

¹ Graduado em Engenharia Civil UCEFF (2018).

² Docente da Engenharia Civil da UCEFF, Especialização em Certificação de Imóveis Rurais e Georreferenciamento – INCRA (UNOCHAPECO). E-mail: ezequelfuriniputon@gmail.com.

³ Docentes da Engenharia Civil da UCEFF.

urbanas é algo que ainda não tem o devido investimento em pesquisas até o presente momento em alguns países da América do Sul (SENÇO, 2007).

Um pavimento é definido e calculado em atribuição ao tráfego e das características ambientais, além das questões de economia e ociosidade de materiais. Estas estruturas devem aguentar as ações externas assim expostas, sejam elas oriundas de cargas ou ações climáticas. Dessa forma, a pavimentação tem como objetivo principal propiciar um tráfego confortável e confiável, com estrutura e materiais capazes de suportar os esforços consequentes da ação do tráfego aliado às condições climáticas, e diminuindo custo. Busca-se sempre que possível, o emprego de materiais locais para os trabalhos, assegurando um desempenho adequado no que diz respeito a custos operacionais, e de conservação ao longo dos anos (BALDO, 2007).

Neste sentido, a questão problema dessa pesquisa é: **Quais as variações dos parâmetros Marshall para diferentes teores de CAP 50/70 e CAP emborrachado?** Tendo como objetivo geral analisar as variações dos parâmetros Marshall para diferentes teores de CAP 50/70 emborrachado.

Senço (2007) e Baldo (2008), trazem em suas publicações além da história da pavimentação asfáltica desde seus primórdios até os dias atuais, bem como seus equipamentos, materiais, técnicas e processos executivos.

O tema pavimentação asfáltica em qualquer que seja sua ramificação, acaba sendo muito pouco explorado no meio acadêmico. Por muitas vezes, são abordados de forma muito supérflua, pois não constam ou constam de forma muito vaga nas grades curriculares da maioria dos cursos de Engenharia Civil. Dentro deste contexto, esta pesquisa justifica-se, pois somente uma pequena parcela dos acadêmicos, acaba se interessando por este assunto. O próprio curso de graduação em Engenharia Civil da UCEFF oferece apenas uma cadeira em sua grade curricular, se assemelhando muito com as demais instituições de ensino da região.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Graças a combinação de elementos com graduação bem graduada, a porção de ligante asfáltico necessária para cobrir as partículas e auxiliar a preencher os vazios não pode ser muito alta, visto que a mistura precisa contar ainda com vazios com ar depois da compactação por volta de 3 a 5%, se tratando da camada de rolamento e de 4 a 6% se tratando das camadas de ligação ou intermediárias. Se não deixado certo volume de vazios cheios de ar, a massa asfáltica perde sua estabilidade ao tráfego e, por fluência, tem significativa deformidade. O teor de

asfalto em peso varia entre 4,5 a 6,0%, variando conforme a forma dos agregados, da viscosidade e do tipo do ligante, (BERNUCCI et al., 2007).

A granulometria específica da mistura resultará em um CBUQ mais bem graduado e fechado, com índices de vazios que variam entre 2 % e 4 %. Um CA denso exige um rigoroso controle de fabricação da mistura. Um CA com menos rigor quanto à distribuição granulométrica, em geral no que tange aos finos da mistura, é chamado de Pré-Mistura a Quente (PMQ). Atribua-se a tal mistura a finalidade de servir como um revestimento impermeabilizante para a estrutura de um pavimento. No entanto, com o advento das misturas elaboradas com asfaltos modificados, tal conceito de emprego de uma superfície asfáltica impermeabilizante sofreu evolução, com a utilização de camadas para drenagem nas superfícies do pavimento no lugar dos antes utilizados concretos asfálticos, que, no entanto, figurariam como camada inferior à qual caberia a impermeabilização da estrutura inferior do pavimento (SENÇO, 2008).

Segundo Baldo (2007), pode-se dizer que a dosagem de uma mistura asfáltica constitui um processo de formulação no qual se busca uma composição granulométrica de agregados com natureza específica e de uma adição de CAP, de tal sorte que, após mistura à temperatura adequada e em seguida compactação, tais materiais formem outro material que ofereça condições mecânicas adequadas para suportar cargas que solicitam um dado projeto de pavimentação, consideradas as condições climáticas locais, a posição relativa da mistura na estrutura de pavimento, etc., e esse material não deverá apresentar degradação precoce.

3 METODOLOGIA

Neste tópico estão presentes todas as informações e classificações metodológicas que norteiam essa pesquisa.

O método científico utilizado neste estudo classifica-se como método indutivo. Para Marconi e Lakatos (2008), indução é regime mental cujo, iniciando com dados particulares, abundantemente averiguado, se compreende uma exatidão geral e universal, não presente nas porções vistoriadas. Sendo assim, o propósito dos fundamentos indutivos é mostrar que o conteúdo é muito mais abrangente do que os argumentos nos quais se basearam.

O nível de pesquisa empregado nesse trabalho se classifica como descritiva. Qualquer pesquisa deve fundamentar-se em uma teoria. A teoria é empregada para explicar os tipos de informações a serem examinados. Para ter validade, é obrigatório apoiar-se em fatos avaliados e comprovados, derivados da pesquisa. A pesquisa das dificuldades práticas é capaz de levar à

revelação de princípios fundamentais e, contínuos, oferecem conhecimentos que tem utilização instantânea (MARCONI; LAKATOS, 2015).

O presente trabalho tem seu delineamento na pesquisa documental. De acordo com Gil (2010), como delineamento, mostra variados pontos de equivalência com a pesquisa bibliográfica, posto que nos dois delineamentos empregassem-se informações já existentes. A principal divergência está na essência das fontes. A pesquisa bibliográfica apoia-se em material desenvolvido por autor com o objetivo distinto de ser letrado por ouvintes específicos. Por sua vez a pesquisa documental se faz valer de toda casualidade de documentos, produzido com objetivos diversos, por exemplo, assentamento, autorização, comunicado etc. O que comumente é sugerido é que seja classificada fonte documental na qual o material averiguado é intrínseco à organização, e fonte bibliográfica na qual seja atingida em bibliotecas ou bases de dados.

Os instrumentos de coleta de dados utilizados nessa pesquisa foram os documentos laboratoriais com a utilização de análises dos testes Marshall fornecidos por uma empresa da cidade de Chapecó SC. Para Gil (2010), as fontes documentais são muito mais abundantes e diversas, visto que qualquer componente portador de dados pode ser apontado como documento. As fontes de coletas de dados mais usuais são: os arquivos públicos e documentos oficiais, os arquivos privados e a imprensa.

A população são todos os testes laboratoriais, sendo eles: ensaio Marshall, C.B.R., mini-C.B.R., determinação de teor de betume. De acordo com Gil (2010), população são todos os componentes de um agrupamento definido de elementos ou pessoas. A amostra classifica-se em não probabilística por conveniência. De acordo com Marconi e Lakatos (2015), a peculiaridade primordial das técnicas de amostragem não probabilística é a qual, não executando a utilização de formas aleatórias de seleção, faz-se impossível o emprego de formulas estático para o cálculo. A mostra da presente pesquisa são os 22 resultados dos testes Marshall sendo eles 4 com a utilização de CAP emborrachado e 18 de CAP 50/70.

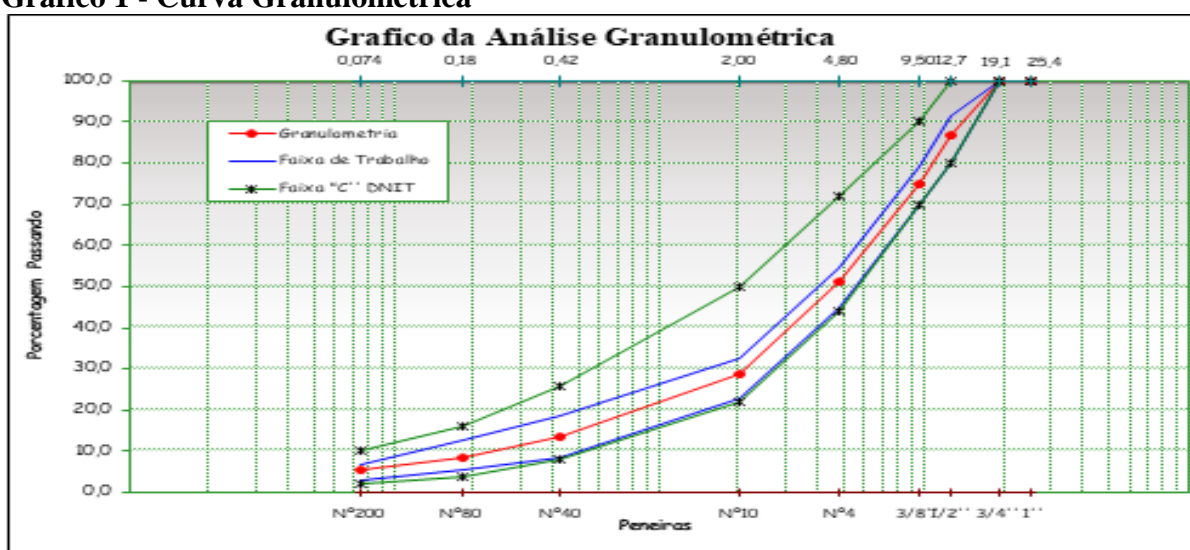
O trabalho em questão é classificado como quantitativo pelo método de análise de dados laboratoriais. Para Rampazzo (2005), a pesquisa quantitativa tem início com a apuração de certo número de casos de forma singular e quantifica aspectos em acordo com o próprio estudo, alimentando-se frequentemente de informações estatísticos e generalizando os frutos nos casos peculiares.

4 RESULTADO DOS ESTUDOS

Todas as informações que foram coletadas estão presentes neste tópico. Os dados foram obtidos através dos documentos laboratoriais com a utilização de análises dos testes Marshall fornecidos por uma empresa da cidade de Chapecó /SC. Após a coleta dos dados foi realizada análise e comparação dos resultados da pesquisa com a revisão teórica.

O Gráfico 1 traz uma das curvas granulométricas utilizadas nos ensaios, podendo observar o seu enquadramento na curva “C” do DNIT, todas as demais curvas granulométricas se assemelham muito com apresentada na figura, sendo essa uma varável fixa para os demais ensaios analisados no presente estudo.

Gráfico 1 - Curva Granulométrica

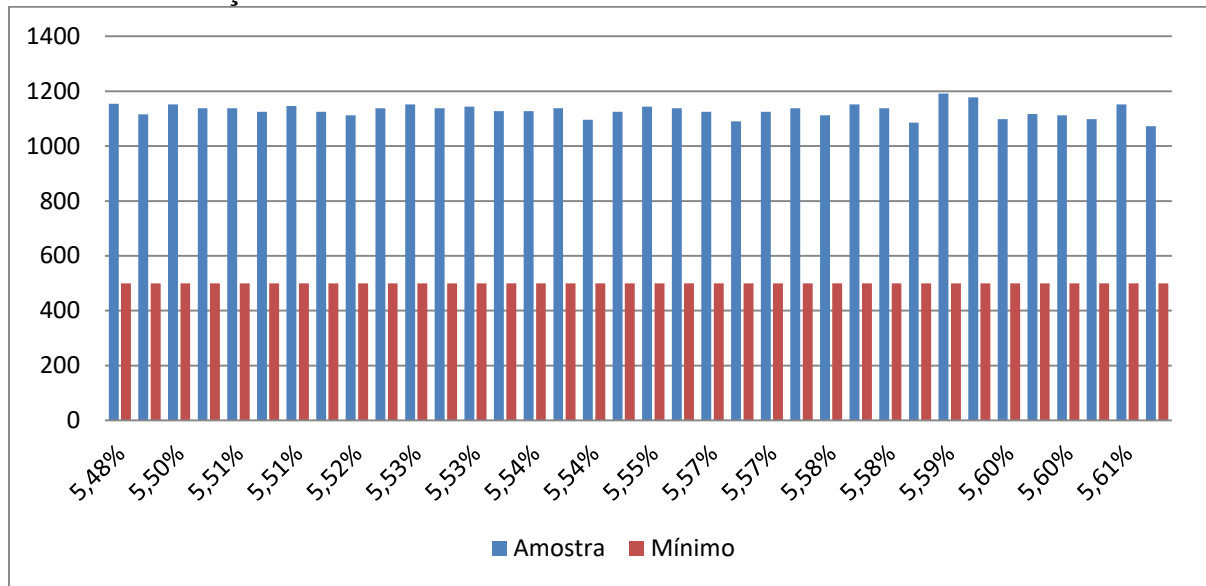


Fonte: dados da pesquisa 2018.

O Gráfico 1 traz a relação entre a porcentagem de betume das amostras utilizando somente o CAP 50-70 e sua respectiva estabilidade medida em Kgf, bem como seu parâmetro mínimo, as amostras se encontram organizadas em forma crescente pela porcentagem de betume.

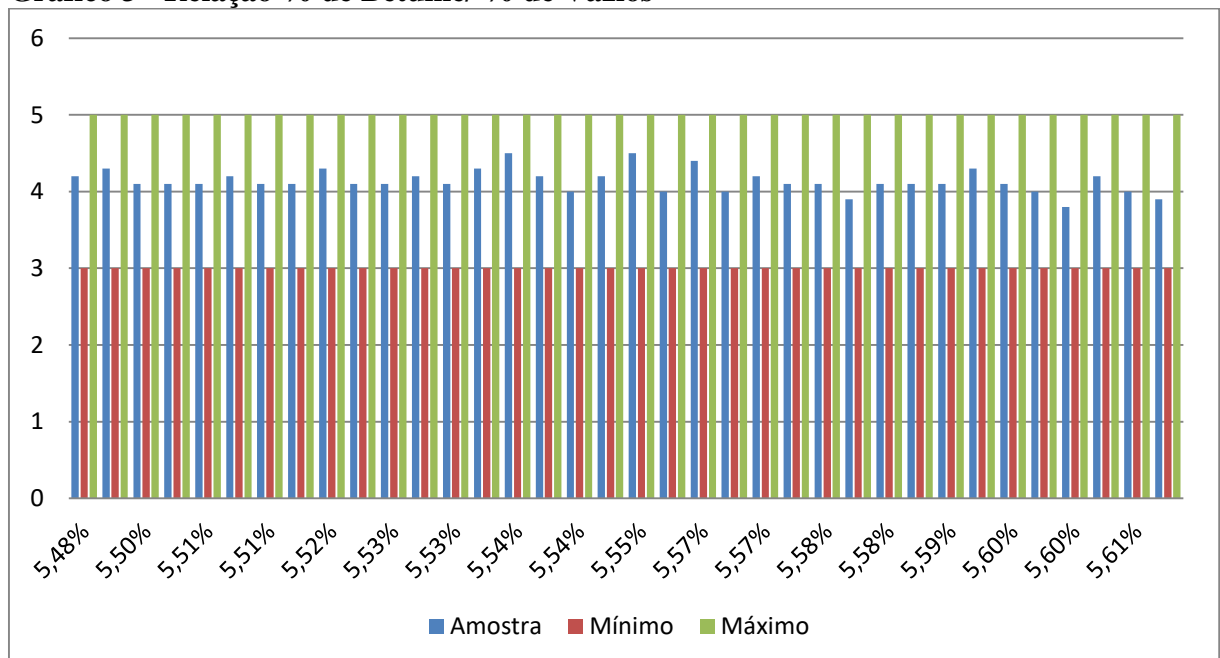
A análise dos dados revelou que a menor estabilidade que é de 1072,0kgf se encontra na amostra com 5,67% de betume e a maior estabilidade que é de 1191,1kgf se encontra na amostra com 5,59% de betume, a média se deu em 1.129,3Kgf.

O Gráfico 2 apresenta a relação entre a porcentagem de betume das amostras utilizando somente o CAP 50-70 e sua respectiva % de vazios medias em porcentagem, bem como seus parâmetros mínimos e máximos, as amostras se encontram organizadas em forma crescente pela porcentagem de betume.

Gráfico 2 - Relação % de Betume/ Estabilidade

Fonte: dados da pesquisa (2018).

A análise dos dados mostrou que o menor volume de vazios que é de 3,8% se encontra na amostra com 5,60% de betume e o maior volume de vazios que é de 4,5% se encontra nas amostras com 5,54% e 5,55% de betume.

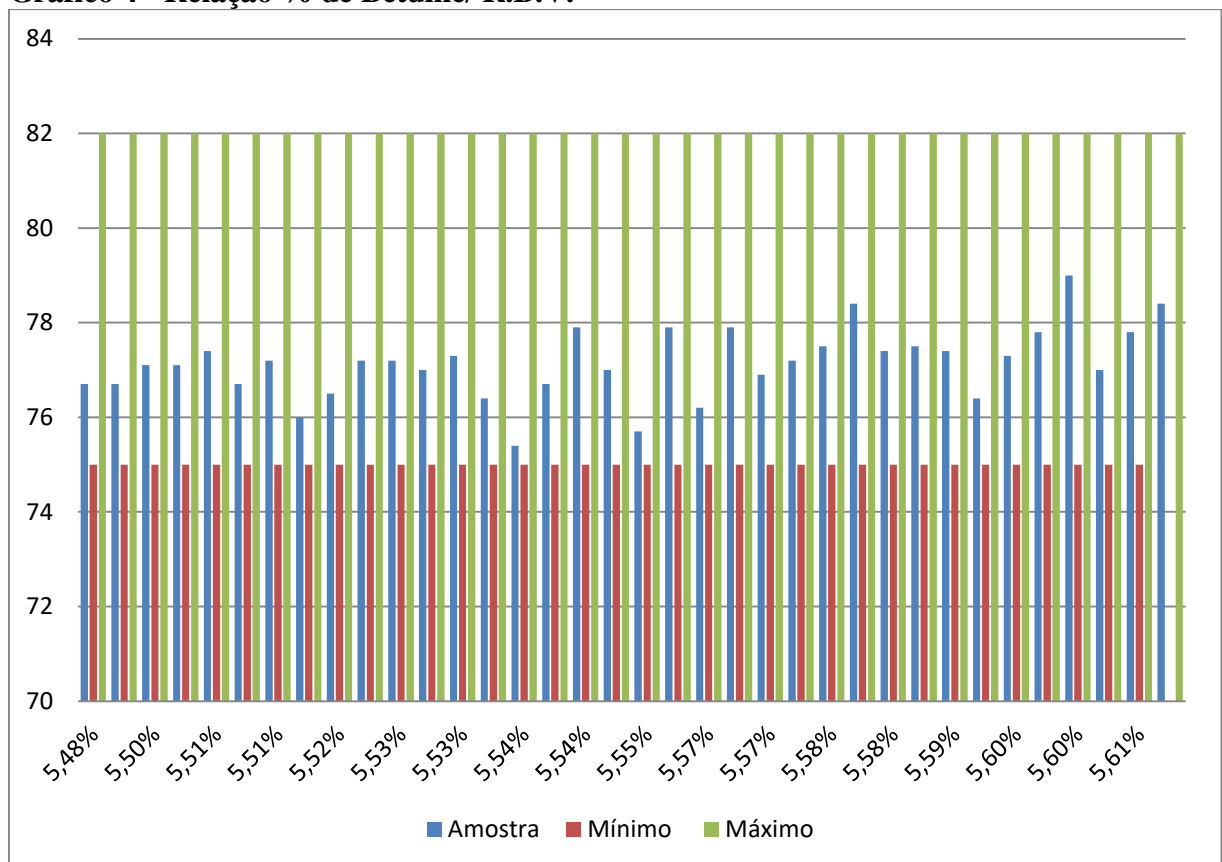
Gráfico 3 - Relação % de Betume/ % de Vazios

Fonte: dados da pesquisa (2018).

O Gráfico 3 revela a relação entre a porcentagem de betume das amostras utilizando somente o CAP 50-70 e seu respectivo R.B.V., bem como seus parâmetros mínimos e máximos, as amostras se encontram organizadas em forma crescente pela porcentagem de betume.

A análise dos dados expôs que o menor R.B.V. que é de 75,4 se encontra na amostra com 5,54% de betume e o maior R.B.V. que é de 79,0 se encontra na amostra com 5,60% de betume.

Gráfico 4 - Relação % de Betume/ R.B.V.



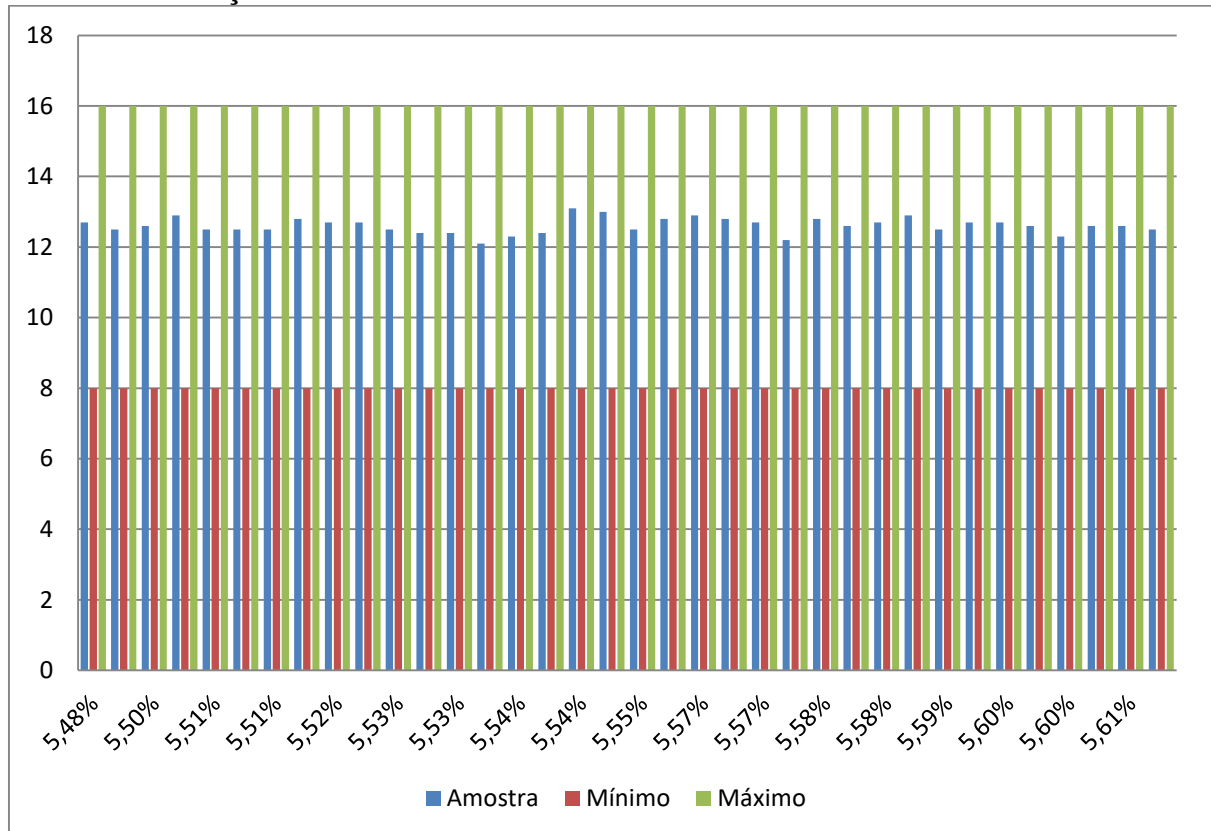
Fonte: dados da pesquisa (2018).

O Gráfico 4 mostra a relação entre a porcentagem de betume das amostras utilizando somente o CAP 50-70 e sua respectiva fluência, bem como seus parâmetros mínimos e máximos, as amostras se encontram organizadas em forma crescente pela porcentagem de betume.

A análise dos dados manifestou que a menor fluência que é de 12,1 se encontra na amostra com 5,53% de betume e a maior fluência que é de 13,1 se encontra na amostra com 5,54% de betume.

O Gráfico 5 mostra a relação entre a porcentagem de betume das amostras utilizando somente o CAP 50-70 e seu respectivo V.A.M. medida em porcentagem, bem como seu parâmetro mínimo, as amostras se encontram organizadas em forma crescente pela porcentagem de betume.

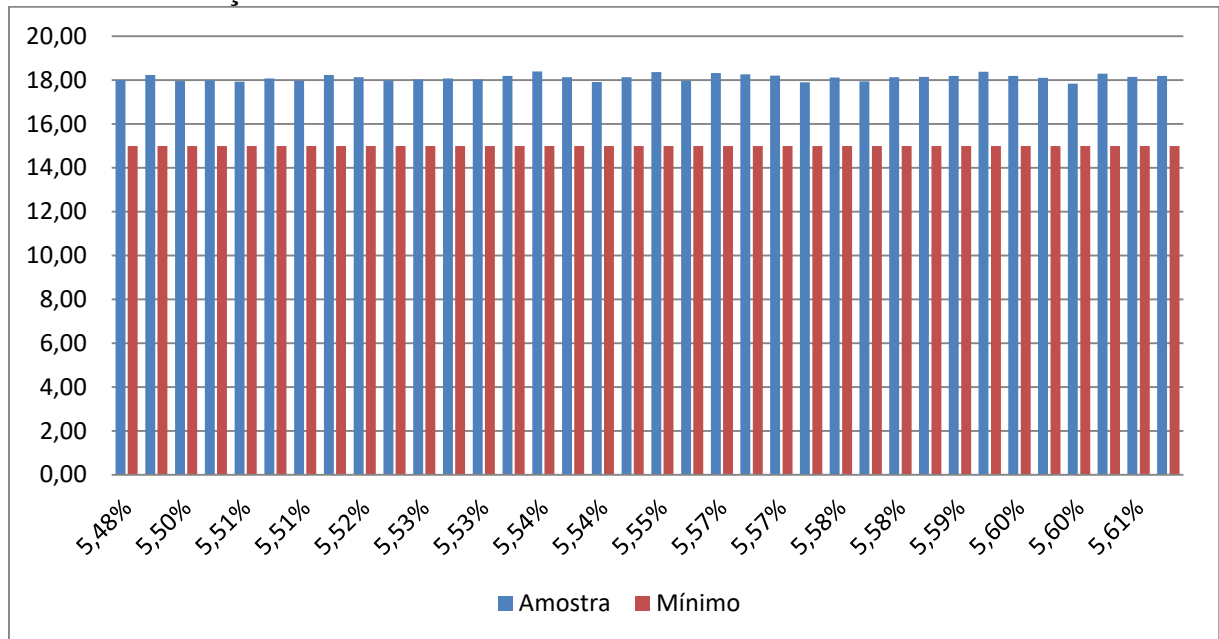
Gráfico 5 - Relação % de Betume/ Fluência



Fonte: dados da Pesquisa (2018).

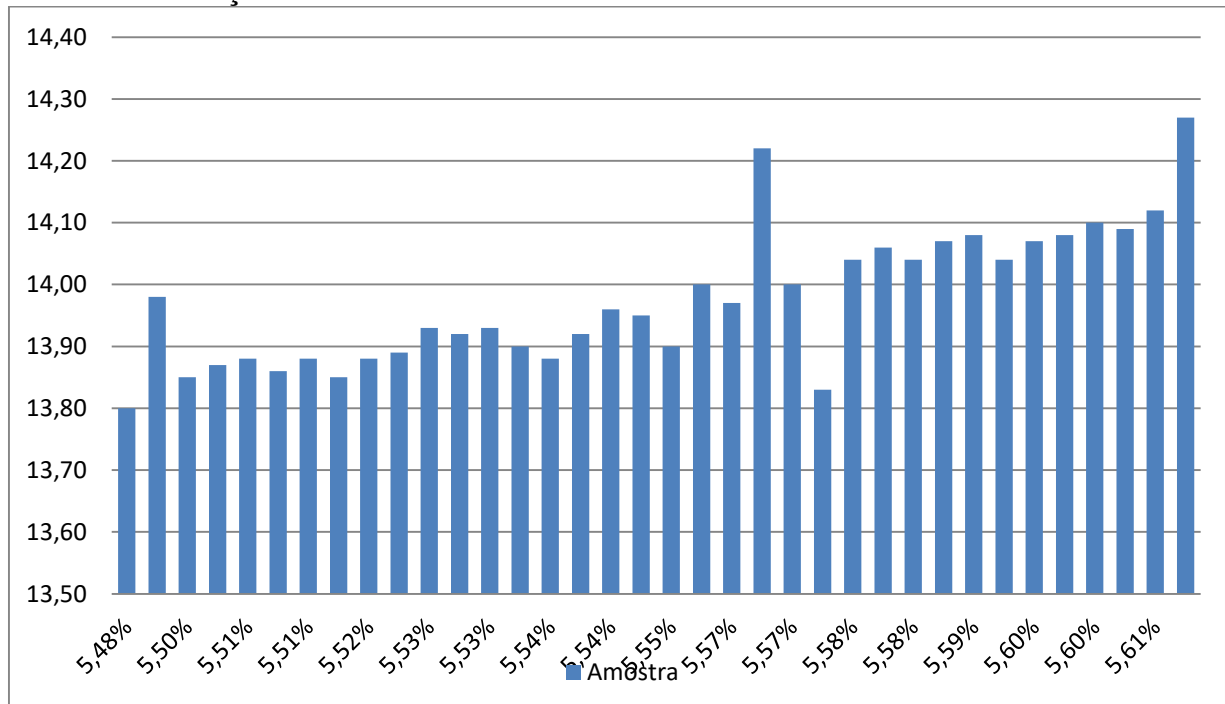
A análise dos dados enunciou que o menor V.A.M. que é de 17,85% se encontra na amostra com 5,60% de betume e o maior V.A.M. que é de 18,40% se encontra na amostra com 5,54% de betume.

O Gráfico 6 mostra a relação entre a porcentagem de betume das amostras utilizando somente o CAP 50-70 e seu respectivo V.C.B., as amostras se encontram organizadas em forma crescente pela porcentagem de betume.

Gráfico 6 - Relação % de Betume/ V.A.M.

Fonte: dados da pesquisa (2018).

A análise dos dados demonstrou que o menor V.C.B que é de 13,80 se encontra na amostra com 5,48% de betume e o maior V.C.B. que é de 14,27 se encontra na amostra com 5,67% de betume.

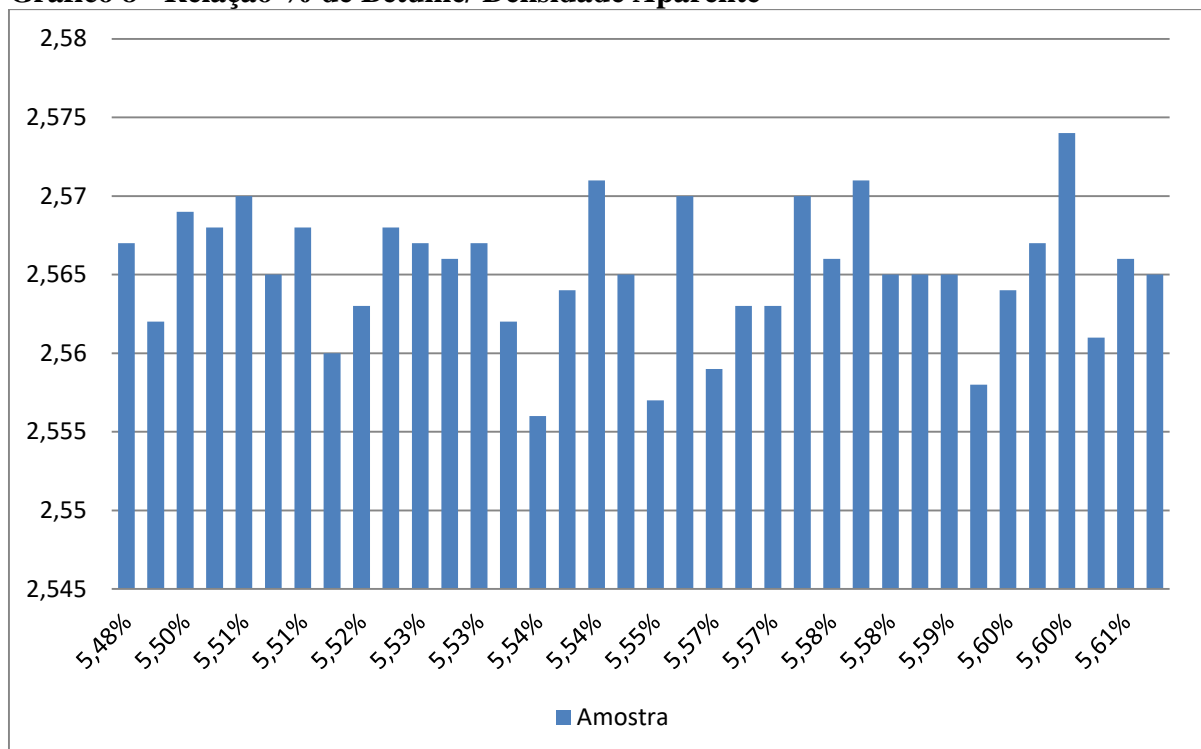
Gráfico 7 - Relação % de Betume/ V.C.B.

Fonte: dados da pesquisa (2018).

O Gráfico 7 mostra a relação entre a porcentagem de betume das amostras utilizando somente o CAP 50-70 e sua respectiva densidade aparente, as amostras se encontram organizadas em forma crescente pela porcentagem de betume.

A análise dos dados salientou que a menor densidade aparente que é de 2,556 se encontra na amostra com 5,54% de betume e a maior densidade aparente que é de 2,574 se encontra na amostra com 5,60% de betume.

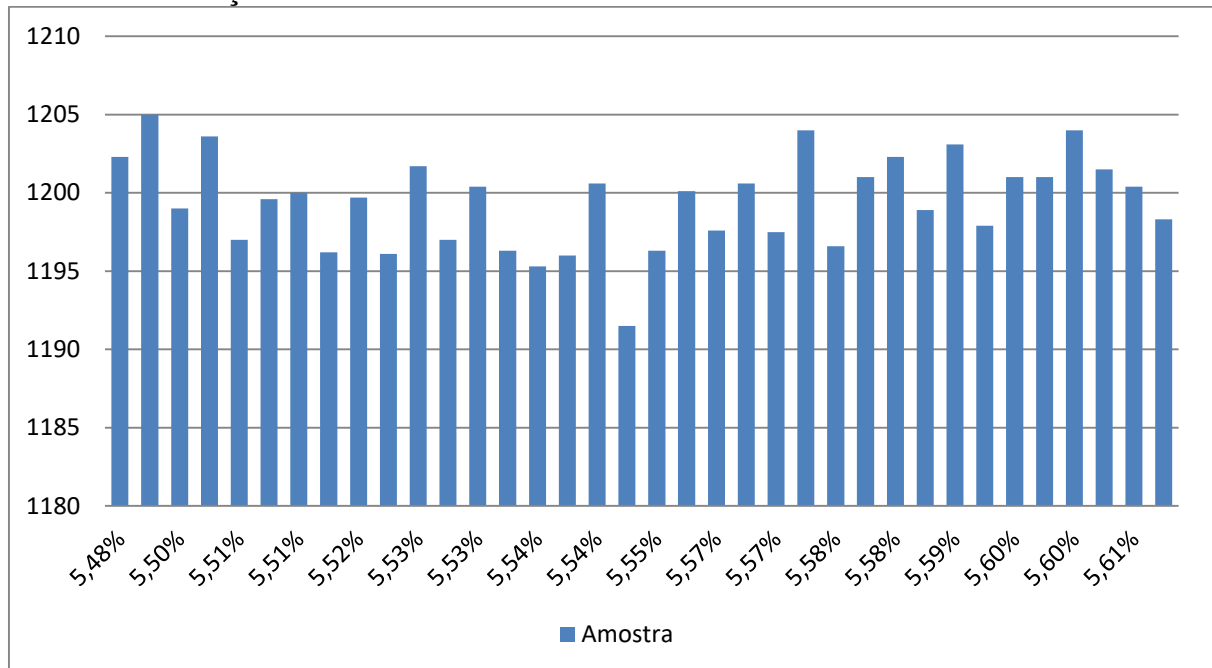
Gráfico 8 - Relação % de Betume/ Densidade Aparente



Fonte: dados da pesquisa (2018).

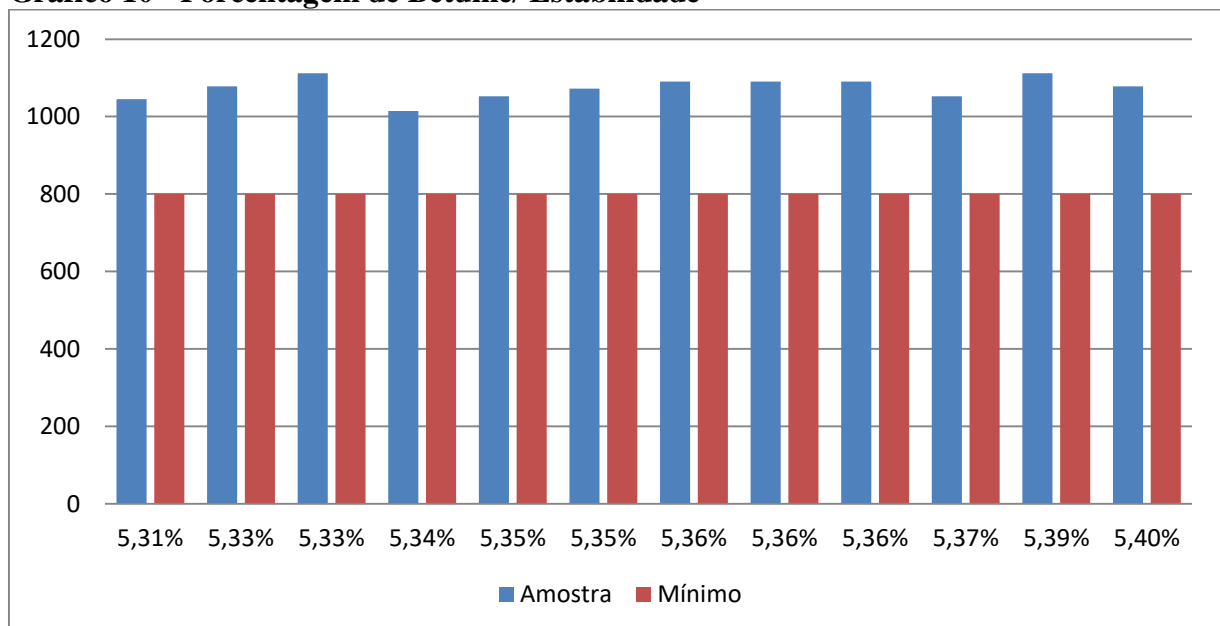
O Gráfico 8 mostra a relação entre a porcentagem de betume das amostras utilizando somente o CAP 50-70 e sua respectiva relação peso ar, as amostras se encontram organizadas em forma crescente pela porcentagem de betume. A análise dos dados indicou que a menor relação peso ar que é de 1191,5g se encontra na amostra com 5,54% de betume e a maior fluência que é de 1205,0g se encontra na amostra com 5,49% de betume

O Gráfico 9 traz a relação entre a porcentagem de betume das amostras utilizando somente o CAP emborrachado e sua respectiva estabilidade medida em Kgf, bem como seu parâmetro mínimo, as amostras se encontram organizadas em forma crescente pela porcentagem de betume.

Gráfico 9 - Relação % de Betume/ Peso Ar.

Fonte: dados da pesquisa (2018).

A análise dos dados revelou que a menor estabilidade que é de 1014,3kgf se encontra na amostra com 5,34% de betume e a maior estabilidade que é de 1111,7kgf se encontra nas amostras com 5,33% e 5,39% de betume, a média se deu em 1.073,8Kgf.

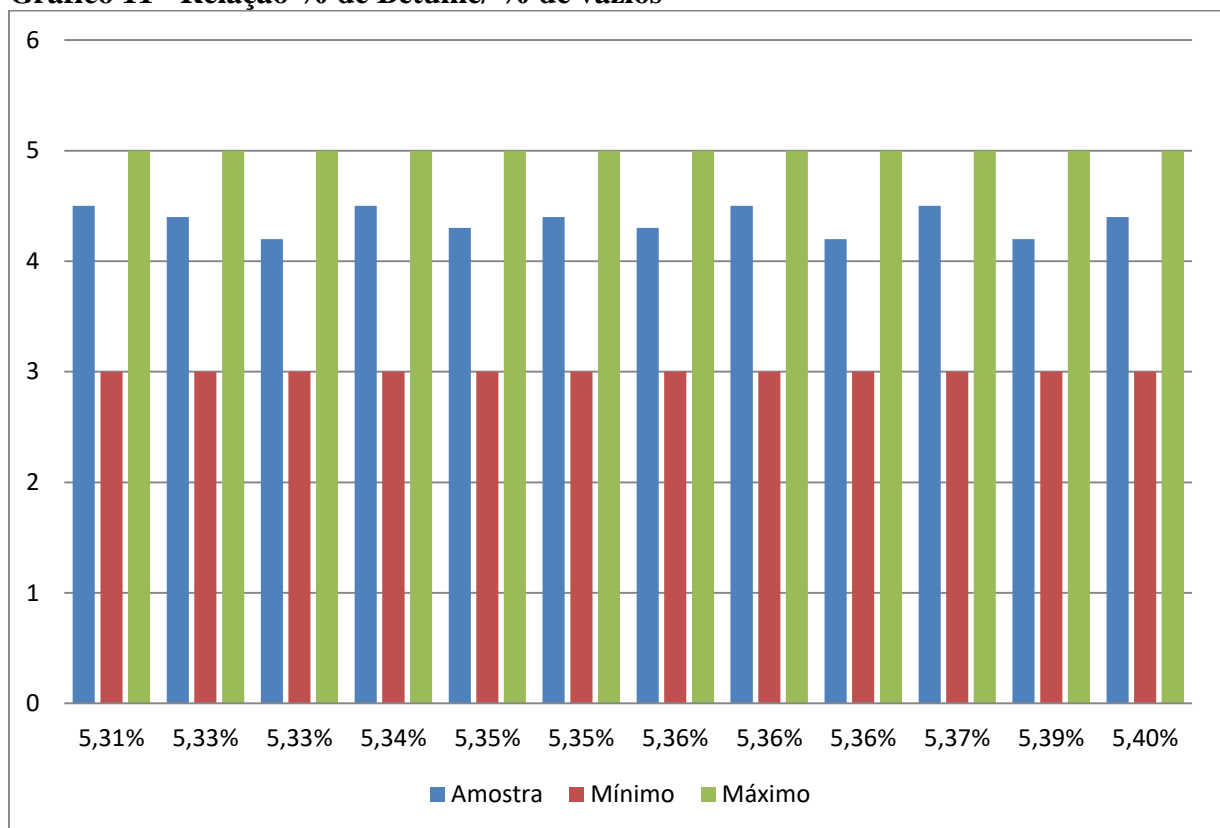
Gráfico 10 - Porcentagem de Betume/ Estabilidade

Fonte: dados da pesquisa (2018).

O Gráfico 10 traz a relação entre a porcentagem de betume das amostras utilizando somente o CAP emborrachado e sua respectiva % de vazios medido em porcentagem, bem como seus parâmetros mínimos e máximos, as amostras se encontram organizadas em forma crescente pela porcentagem de betume.

A análise dos dados apresentou que o menor volume de vazios que é de 4,2% se encontra nas amostras com 5,33%, 5,36% e 5,39% de betume e a maior estabilidade que é de 4,5% se encontra nas amostras com 5,31%, 5,34%, 5,36% e 5,37% de betume.

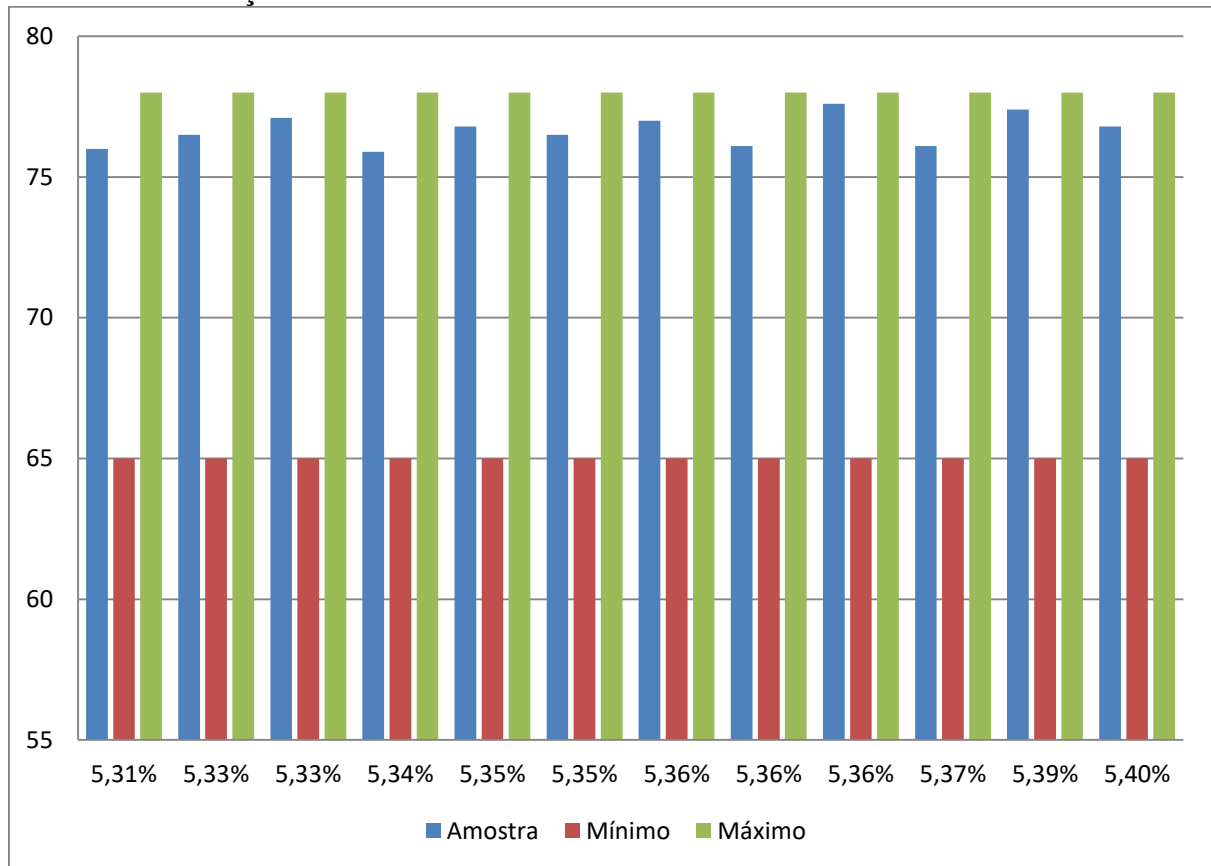
Gráfico 11 - Relação % de Betume/ % de vazios



Fonte: dados da pesquisa (2018).

O Gráfico 11 traz a relação entre a porcentagem de betume das amostras utilizando somente o CAP emborrachado e seu respectivo R.B.V., bem como seus parâmetros mínimos e máximos, as amostras se encontram organizadas em forma crescente pela porcentagem de betume.

A análise dos dados expôs que o menor R.B.V. que é de 75,9 se encontra na amostra com 5,34% de betume e o maior R.B.V. que é de 77,6 se encontra na amostra com 5,36% de betume.

Gráfico 12 - Relação % de Betume/ R.B.V.

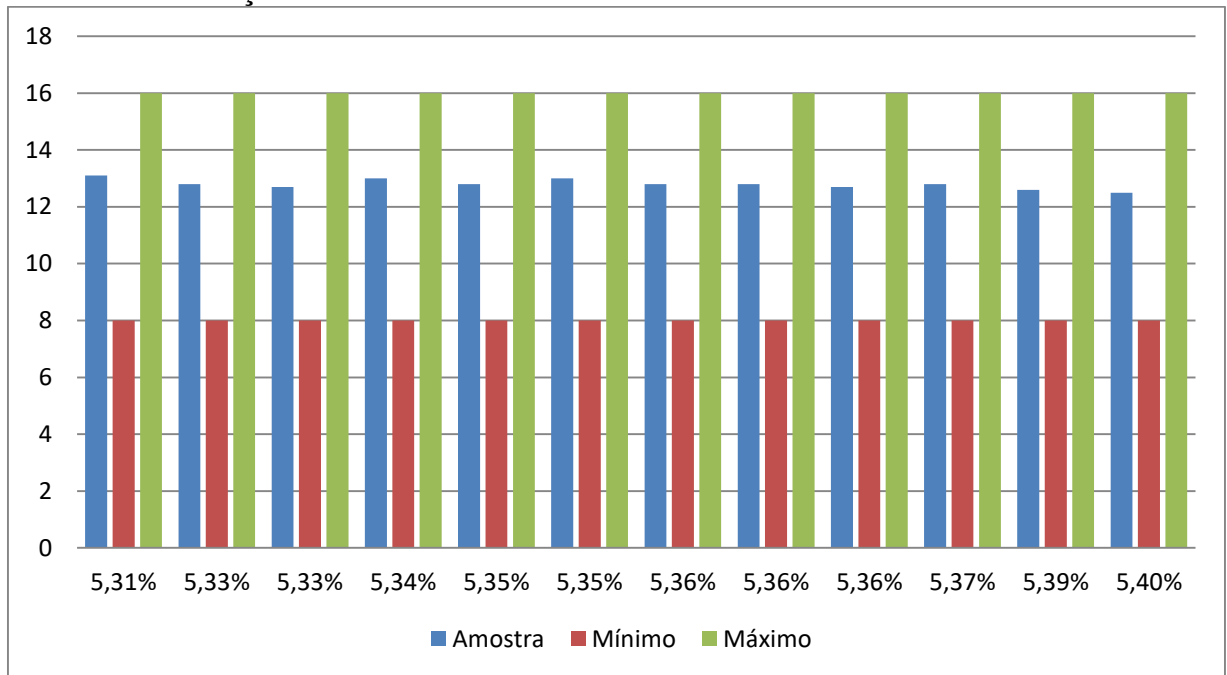
Fonte: dados da pesquisa (2018).

O Gráfico 12 traz a relação entre a porcentagem de betume das amostras utilizando somente o CAP emborrachado e sua respectiva fluência, bem como seus parâmetros mínimos e máximos, as amostras se encontram organizadas em forma crescente pela porcentagem de betume.

A análise dos dados apontou que a menor fluência que é de 12,5 se encontra na amostra com 5,40% de betume e a maior fluência que é de 13,1 se encontra na amostra com 5,31% de betume.

O Gráfico 13 traz a relação entre a porcentagem de betume das amostras utilizando somente o CAP emborrachado e seu respectivo V.A.M. medido em porcentagem, bem como seu parâmetro mínimo, as amostras se encontram organizadas em forma crescente pela porcentagem de betume.

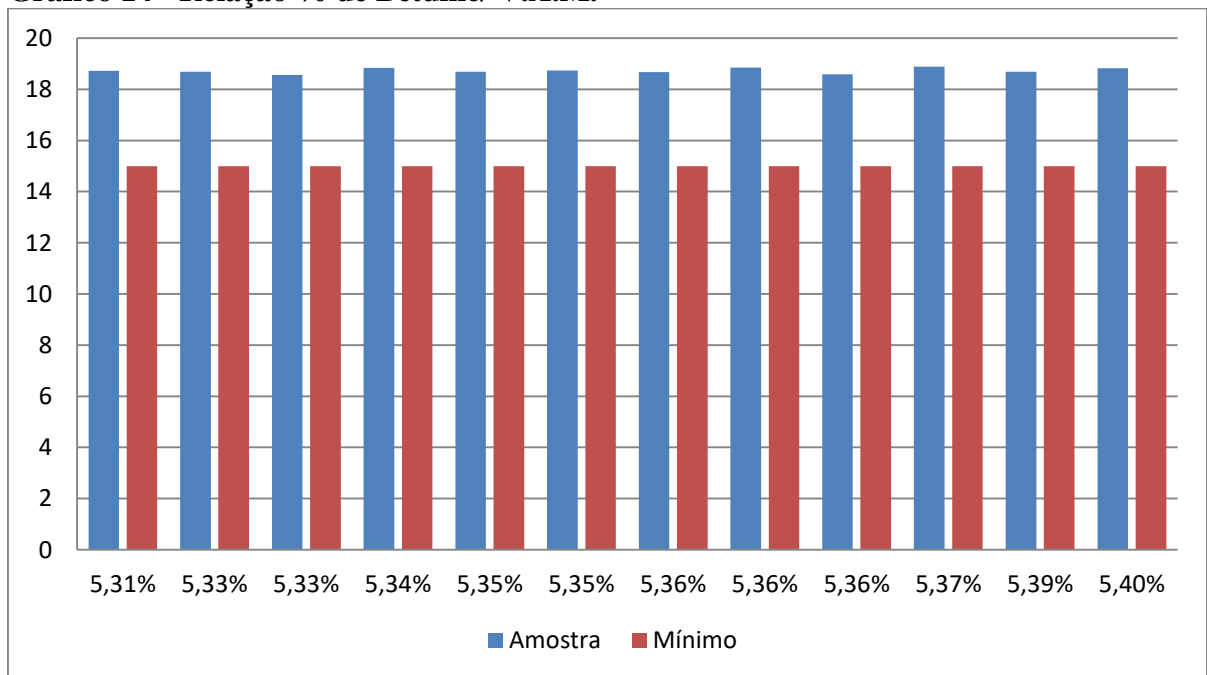
Gráfico 13 - Relação % de Betume/ Fluência



Fonte: dados da pesquisa (2018).

A análise dos dados mostrou que o menor V.A.M. que é de 18,56% se encontra na amostra com 5,33% de betume e o maior V.A.M. que é de 18,88% se encontra na amostra com 5,37% de betume.

Gráfico 14 - Relação % de Betume/ V.A.M.

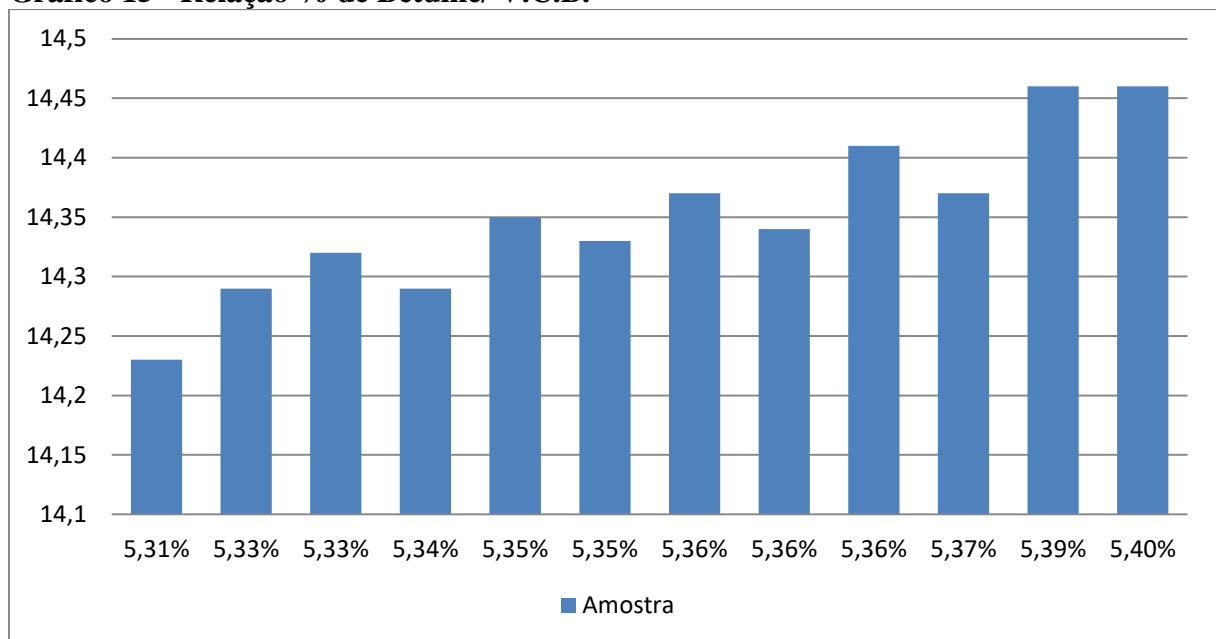


Fonte: dados da pesquisa (2018).

O Gráfico 14 traz a relação entre a porcentagem de betume das amostras utilizando somente o CAP emborrachado e seu respectivo V.C.B., as amostras se encontram organizadas em forma crescente pela porcentagem de betume.

A análise dos dados revelou que a menor V.C.B. que é de 14,23 se encontra na amostra com 5,31% de betume e a maior V.C.B. que é de 14,46 se encontra nas amostras com 5,39% e 5,40% de betume.

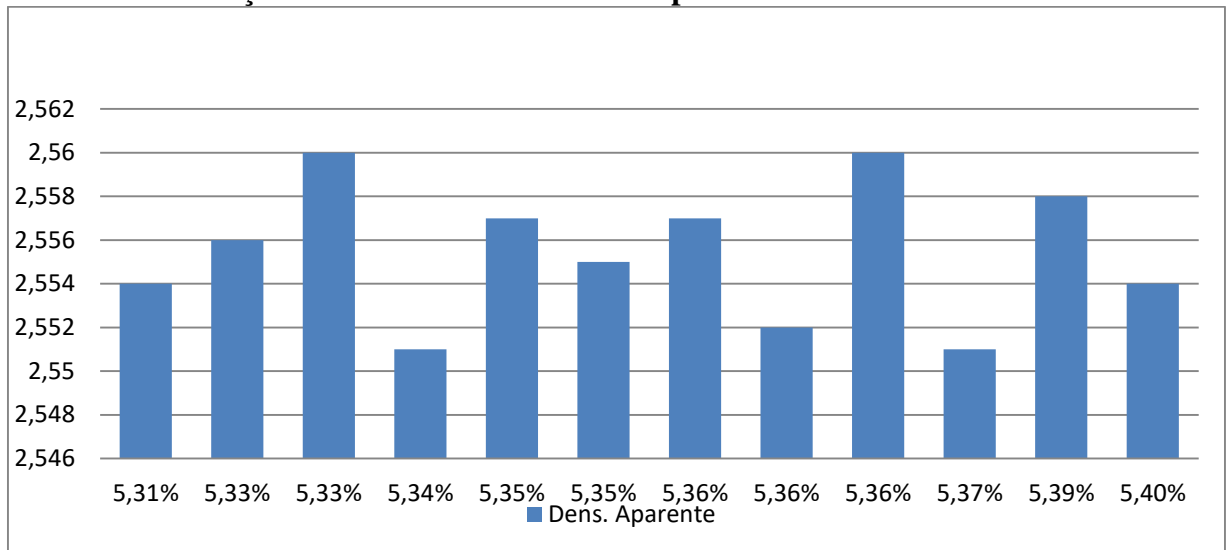
Gráfico 15 - Relação % de Betume/ V.C.B.



Fonte: dados da pesquisa (2018).

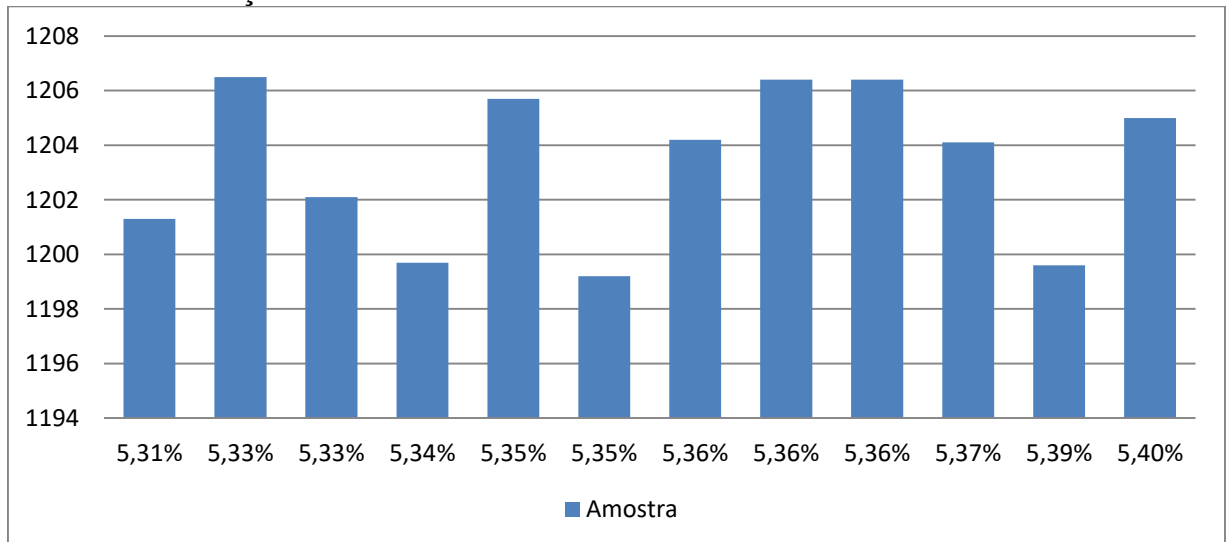
O Gráfico 15 traz a relação entre a porcentagem de betume das amostras utilizando somente o CAP emborrachado e sua respectiva densidade aparente, as amostras se encontram organizadas em forma crescente pela porcentagem de betume.

A análise dos dados mostrou que a menor densidade aparente que é de 2,551 se encontra nas amostras com 5,34% e 5,37% de betume e a maior densidade aparente que é de 2,560 se encontra nas amostras com 5,33% e 5,36% de betume.

Gráfico 16 - Relação % de Betume/ Densidade Aparente

Fonte: dados da pesquisa (2018).

O Gráfico 16 traz a relação entre a porcentagem de betume das amostras utilizando somente o CAP emborrachado e sua respectiva relação peso ar, as amostras se encontram organizadas em forma crescente pela porcentagem de betume.

Gráfico 17 - Relação % de Betume/ Peso Ar

Fonte: dados da pesquisa (2018).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo expôs como objetivo geral analisar e comparar o efeito dos parâmetros Marshall nas amostras quando se aplica diferentes teores de ligante em um concreto asfáltico. Partiu do fato de que todas as amostras analisadas foram confeccionadas utilizando a mesma curva granulométrica e que os ensaios foram realizados no mesmo laboratório e com os mesmos equipamentos.

O primeiro objetivo específico trata da coleta de dados de ensaios Marshall já realizados, etapa essa que obteve uma grande dificuldade de ser realizada pelo fato de trazer resultados que poderiam estar fora dos parâmetros limites e assim mostrar não conformidades em alguns ensaios, mesmo relatando que o nome das empresas não seria divulgado, sendo assim somente uma das mais de vinte empresas contactadas forneceram os resultados.

O segundo objetivo específico estabelecido explana analisar a influência da variação de betume nas amostras, sendo assim para as misturas com CAP 50/70 a estabilidade mostrou uma variação no seu parâmetro de 119,0kgf em uma diferença de 0,08% de betume, o volume de vazios apresentou uma variação no seu parâmetro de 0,7% em uma diferença de 0,05 e 0,06% de betume, o R.B.V. exibiu uma variação no seu parâmetro de 3,6 pontos em uma diferença de 0,06% de betume, a fluência revelou uma variação no seu parâmetro de 1,0 pontos em uma diferença de 0,01% de betume, o V.A.M. apontou uma variação no seu parâmetro de 0,55% em uma diferença de 0,06% de betume, o V.C.B. salientou uma variação no seu parâmetro de 0,47 pontos em uma diferença de 0,19% de betume, a densidade aparente desvendou uma variação em seu parâmetro de 0,018 pontos em uma diferença de 0,06% de betume, a relação peso ar trouxe uma variação em seu parâmetro de 13,5 gramas em uma diferença de 0,05% de betume.

Já, para as amostras com CAP emborrachado, a estabilidade mostrou uma variação no seu parâmetro de 59,4kgf em uma diferença de 0,04% e 0,02% de betume, o volume de vazios apresentou uma variação no seu parâmetro de 0,3% em uma diferença que teve uma peculiaridade, pois os parâmetros inferiores e superiores foram encontrados em porcentagens de betume diferente, o R.B.V. exibiu uma variação no seu parâmetro de 1,7 pontos em uma diferença de 0,02% de betume, a fluência revelou uma variação no seu parâmetro de 0,6 pontos em uma diferença de 0,09% de betume, o V.A.M. apontou uma variação no seu parâmetro de 0,32% em uma diferença de 0,04% de betume, o V.C.B. salientou uma variação no seu parâmetro de 0,23 pontos em uma diferença de 0,08 e 0,09% de betume, a densidade aparente desvendou uma variação em seu parâmetro de 0,009 pontos em uma diferença que alternou de

0,01 a 0,04% de betume, a relação peso ar trouxe uma variação em seu parâmetro de 7,3 gramas em uma diferença de 0,02% de betume

O terceiro objetivo específico por sua vez foi buscar uma relação entre a variação de teores de betume e o comportamento das amostras, após realizar todas as análises não se encontrou uma relação direta entre as porcentagens de betume e quaisquer uns dos parâmetros, em todos ocorreram variações não existindo uma tangente nos parâmetros que indique uma relação direta com a porcentagem de betume.

O último objetivo específico foi tentar encontrar uma diferença no comportamento das amostras quando utilizado CAP 50/70 e CAP emborrachado, em ambos os casos a porcentagem de betume não revelou uma real influência no comportamento das amostras.

Como proposta para novos estudos e aprimoramento desta análise, sugiro que sejam utilizados outros teores de betume, bem como outras granulometrias ou ainda outras curvas granulométricas, diferentes tipos de CAP e outros tipos de aditivos.

REFERÊNCIAS

BALDO, José Tadeu. **Pavimentação asfáltica: materiais, projetos e restauração**. São Paulo: Oficina do texto, 2007.

BERNUCCI, Liedi Bariani, et al. **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros**. Rio de Janeiro: Trama Criações e Artes, 2007.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5 ed. São Paulo: Atlas, 2010

LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de metodologia científica**. 6 ed. São Paulo: Atlas, 2008.

MARCONI, Marina de Andrade. **Técnicas de Pesquisa**. 7 ed. São Paulo: Atlas, 2015.

RAMPAZZO, L. **Metodologia Científica**. Para os alunos dos cursos de Graduação e Pós Graduação. 3 ed. São Paulo: Loyola, 2005.

SENÇO, Wlastemiler de. **Manual de técnicas de pavimentação**. 2 ed. São Paulo: Pini, 2007.

SENÇO, Wlastemiler de. **Manual de técnicas de pavimentação**. 2 ed. São Paulo: Pini, 2008.