



OBSERVATORIO DE LA ECONOMÍA LATINOAMERICANA

latindex IDEAS EconPapers Dialnet MIAR Sucupira

PRODUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE HORMIGÓN CCR EN UNA OBRA EN LA VÍA CIRCULAR EN LA ZONA METROPOLITANA DE FORTALEZA - CE

Eng. Spec. Francisco Ademir Eduardo Freitas¹

Prof. M. Sc. Rickardo Léo Ramos Gomes²

rickardolrg@yahoo.com.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6101-9571>

Para citar este artículo puede utilizar el siguiente formato:
Francisco Ademir Eduardo Freitas y Rickardo Léo Ramos Gomes: "PRODUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE HORMIGÓN CCR EN UNA OBRA EN LA VÍA CIRCULAR EN LA ZONA METROPOLITANA DE FORTALEZA - CE", Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana (Vol 20, N° 7 enero-marzo 2022, pag 1-17). En línea: <https://doi.org/10.51896/oeel/FUPT3550>

RESUMEN

La producción e implementación de hormigón Concreto Compactado con Rodillo (CCR) en las carreteras brasileñas se caracteriza como una nueva técnica para la construcción de carreteras, destinadas al transporte de carga y pasajeros, que está asociada a la adopción de alternativas sostenibles que emplean tecnologías destinadas a reducir los impactos ambientales y económicos. La economía y el desarrollo del país requieren de una adecuada ampliación de la red vial pavimentada para favorecer el nivel de crecimiento del país. Esta obra se refiere a la ejecución de CCR, realizada en la construcción de la pavimentación en obra del 4º Anillo Vial, ubicado en la Región Metropolitana de Fortaleza - CE. El objetivo general de esta investigación fue describir cómo fue la producción e implementación de hormigón CCR en una obra de circunvalación urbana en la ciudad de Fortaleza. En cuanto a la metodología, este artículo se caracteriza por ser una investigación descriptiva dentro de un enfoque cualitativo que se desarrolló a partir de un análisis documental (bibliográfico) y el

¹ Bacharel em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Fanor Wyden (UniFanor Wyden); Pós-graduação em Engenharia de Produção pelo Centro Universitário UNIATENEU; Mestrando em Climatologia e Aplicações nos Países da CPLP e África pela Universidade Estadual do Ceará – UECE; Exerce o cargo de Gerente e Engenheiro Civil na Empresa Usi Beton Concreto.

² Prof. da Disc. de Met. do Trabalho Científico (Orientador) – Inst. Euvaldo Lodi; C. U. UniAteneu; C. U. Farias Brito; M. Sc. em Fitotecnia pela Universidade Federal do Ceará (UFC); Spec. em Met. do Ens. de Ciências pela UECE; Grad. em Agronomia pela UFC; Licenciado na Área de Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias pela UVA; Aperf. em Líderes de Aprendizagem pela Universidade de Harvard; Aperf. em Gestão de Riscos em Projetos pelo BID; Aperf. em Met. do Trabalho Científico pela FIOCRUZ. Curso Aperf. Rastreamento do Contato da COVID-19 pela Johns Hopkins University (JHBSPH); Consultor Internacional do BIRD para Laboratórios Científicos. Fundador da RLRG Consultoria Científica.

desarrollo de un estudio de caso. La investigación muestra que los criterios técnicos discutidos en este artículo científico muestran que el CCR utilizado para la pavimentación de carreteras tiene características potenciales que pueden agregar calidad a la red vial pavimentada del país.

Palabras clave: Concreto. Producción. Malla de carretera pavimentada.

Descriptores Tesauro de la UNESCO: Concepto Genérico: Ingeniería de la producción; Conceptos Específicos: Tecnología de materiales – Ensayo de materiales. Pertenece al Grupo: Ingeniería de la industria y de los transportes.

PRODUÇÃO E IMPLANTAÇÃO DE CONCRETO CCR EM UMA OBRA NO ANEL VIÁRIO DA ÁREA METROPOLITANA DE FORTALEZA – CE

RESUMO

A produção e implantação de concreto CCR nas rodovias brasileiras é caracterizada como uma nova técnica para construção de rodovias, destinadas ao transporte de cargas e de passageiros, que está associada à adoção de alternativas sustentáveis que empregam tecnologias voltadas para a redução dos impactos ambientais e econômicos. A economia e o desenvolvimento do país estão necessitando de uma adequada expansão da malha rodoviária pavimentada para favorecer o nível de crescimento que o país apresenta. Este trabalho é referente a execução do Concreto Compactado com Rolo (CCR), realizado na construção da pavimentação em obra na Rodovia 4º Anel Viário, localizada na Região Metropolitana de Fortaleza – CE. O objetivo geral desta pesquisa foi o de descrever como foi a produção e implantação de concreto CCR em uma obra em um anel viário urbano da cidade de Fortaleza. Com relação à metodologia este artigo caracteriza-se como uma pesquisa descritiva dentro de uma abordagem qualitativa que foi desenvolvida a partir de uma análise documental (bibliográfica) e do desenvolvimento de um estudo de caso. A pesquisa evidencia que os critérios técnicos abordados neste artigo científico, evidenciam que o CCR utilizado para a pavimentação de rodovias apresenta potenciais características que podem agregar qualidade à malha rodoviária pavimentada do país.

Palavras-chave: Concreto. Produção. Malha rodoviária pavimentada

PRODUCTION AND IMPLEMENTATION OF CCR CONCRETE IN A WORK ON THE ROUNDWAY IN THE METROPOLITAN AREA OF FORTALEZA - CE

ABSTRACT

The production and implementation of Roller Compacted Concrete (RCC) in Brazilian highways is characterized as a new technique for the construction of highways, intended for cargo and passenger transport, which is associated with the adoption of sustainable alternatives that use technologies intended reduce environmental and economic impacts. The country's economy and development require an adequate expansion of the paved road network to favor the country's level of growth. This

work refers to the execution of CCR, carried out in the construction of the on-site paving of the 4th Ring Road, located in the Metropolitan Region of Fortaleza - CE. The general objective of this research was to describe how was the production and implementation of CCR concrete in an urban bypass work in the city of Fortaleza. Regarding the methodology, this article is characterized by being a descriptive research within a qualitative approach that was developed from a documentary (bibliographic) analysis and the development of a case study. The research shows that the technical criteria discussed in this scientific article show that the CCR used for road paving has potential characteristics that can add quality to the country's paved road network.

Keywords: Concrete. Production. Paved road mesh.

1 INTRODUÇÃO

Neste trabalho realizou-se um estudo de caso, referente a execução do CCR como alicerce para pavimentação asfáltica e concreto, realizado na construção da pavimentação em obra Rodovia 4º Anel Viário (uma rodovia de ligação), localizada na Região Metropolitana de Fortaleza – CE (BRASIL), onde foram abordadas as técnicas de construção e os materiais nelas empregados.

Esta pesquisa justifica-se pela temática ser contemporânea e por apresentar atualizações importantes, resultantes de uma investigação atualizada, para todos aqueles profissionais que estudam ou empregam técnicas aqui abordadas. Assim sendo, a relevância aqui demonstrada encontra guarida em toda a pesquisa que foi desenvolvida ressaltando que ela está focada na produção de CCR, de modo a promover uma nova percepção sobre o assunto, apresentando inclusive, relações com aspectos históricos da utilização desse tipo de concreto. Quanto aos aspectos constitutivos buscou-se, neste estudo demonstrar os conceitos de CCR, a sua história no Mundo e no Brasil, as vantagens, desvantagens e técnicas de sua execução, traço, usinagem e operação em sua produção, ressaltando as suas qualidades em reduzir agressões ao meio ambiente e em mitigar, consideravelmente, os custos envolvidos na sua aplicação.

No tópico da discussão foram incluídas informações históricas mescladas com informações atualizadas fundamentadas em contribuições teóricas de autores que pesquisam, de forma científica, a mesma temática aqui abordada. Desse modo, este estudo encontra-se apoiado por fontes científicas que sustentam, de forma segura e fundamental, toda tecnologia aqui estudada.

O objetivo geral desta pesquisa foi o de descrever como foi a produção e implantação de concreto CCR em uma obra em um anel viário urbano da cidade de Fortaleza. Os objetivos específicos planejados são os seguintes: Desenvolver uma descrição técnica e uma posterior discussão científica dos procedimentos adotados para o emprego do CCR em uma obra já especificada; Elaborar uma fundamentação teórica relativa à gama de utilizações que podem ser empregadas no uso do CCR.

Com relação à Metodologia este trabalho foi elaborado a partir de um estudo de caso, fundamentado em pesquisas bibliográficas e de campo, onde foram abordadas as técnicas de produção do concreto CCR de modo a atender aos objetivos da pesquisa. Trata-se, portanto, de uma pesquisa caracterizada como descritiva dentro de uma abordagem qualitativa.

Este artigo científico ficou estruturado em cinco tópicos. No primeiro temos a introdução onde foram destacados os objetivos da pesquisa. No segundo tópico apresentou-se os procedimentos metodológicos adotados para a elaboração do artigo. O terceiro tópico foi reservado para o destaque dos resultados do estudo de caso. No quarto foi elaborada uma discussão que contou com a contribuição técnico-científica de vários autores que tratam da mesma temática e, no último tópico foram destacadas as considerações finais.

2 METODOLOGIA

Neste trabalho elaborou-se um estudo de caso, realizando pesquisas bibliográficas e de campo, onde foram abordadas as técnicas de produção do concreto CCR para que fosse possível atender aos objetivos da pesquisa. Para Yin (2001), a técnica do estudo de caso é uma inquirição empírica que investiga um fenômeno contemporâneo dentro de um contexto da vida real.

Trata-se, Portanto, de uma pesquisa caracterizada como descritiva dentro de uma abordagem qualitativa. A pesquisa descritiva tem a intenção de descrever atributos e propriedades de um determinado caso, população ou variável (Gil, 2010) e, neste particular, o presente estudo tem o propósito de descrever toda a metodologia utilizada para o emprego do CCR em uma obra implantada no 4º Anel Viário localizado na Região Metropolitana de Fortaleza (Capital do Estado do Ceará – Brasil). Os autores que mais se destacaram na pesquisa bibliográfica foram: Andrade (1997), Andriolo (1998), Pitta (2002), Bernardes (2018), Moretto (2020), Felix e Gomes (2019) e Costa e Gomes (2021).

2.1 Constituição do Caso Estudado

O programa experimental foi desenvolvido com o concreto CCR de Fck 5 Mpa com resistência à compressão aos 7 dias e 1,5 Mpa com resistência à tração na flexão aos 28 dias que foi executado, na construção da pavimentação em obra do Consórcio COSAMPA/JUREMA/SOUZA REIS/GEOSISTEMAS - Anel Viário CNPJ: 30.060.085/0001-64. Situados na Rodovia do 4º Anel Viário, localizada na Região Metropolitana de Fortaleza – CE, desenvolvida pela empresa USI BETON CONCRETO.

3 RESULTADOS DO ESTUDO DE CASO

3.1 Processos de Produção

Os serviços realizados para a produção do CCR em construção de pavimentação resumiram-se nas seguintes etapas:

- Terraplanagem.
- Traço de concreto CCR.
- Produção em Usina de concreto.
- Execução de pavimentação.

Cada uma destas etapas é de basilar importância para a efetivação e desenvolvimento deste trabalho.

3.2 Terraplanagem ou Movimento de Terras

A etapa de terraplanagem, conforme exemplificado na figura 1, é uma atividade de fundamental importância na preparação do terreno para que possa ser materializado o projeto de uma obra rodoviária.

Figura 1: Terraplanagem – Trecho Distrito Industrial Maracanaú – CE.



Fonte: Dados dos Pesquisadores

Segundo Nichols e David (2010) a terraplanagem pode ser entendida como o conjunto de operações necessárias para remover a terra dos locais em que se encontra em excesso para aqueles em que há falta, tendo em vista um determinado projeto a ser implantado.

Assim, a construção de uma estrada de rodagem exige a execução de serviços de terraplanagem prévios, regularizando o terreno natural, em obediência ao projeto que se deseja implantar. Pode-se afirmar, portanto, que independente do porte da obra de Engenharia Civil, a realização de trabalhos prévios de movimentação de terras se faz necessário. Por esta razão a terraplanagem teve um enorme desenvolvimento verificado no último século (Nichols e David, 2010).

3.3 Traço de Concreto CCR

O incremento do traço de concreto CCR foi realizado no Laboratório IPMATE – Instituto de Pesquisas Tecnológicas em Materiais da Construção Civil e Estruturas e Produtos em Fortaleza CE. Localizado na Rua Professor Vicente Silveira, 278 – Vila União CEP: 60410-672 - Fone (85) 3245-2041. No laboratório foram realizados ensaios experimentais divididos em três etapas: Granulometria dos materiais, preparo dos traços e corpos de prova e ensaio de compressão axial. Estas etapas estão destacadas na figura 2 abaixo.

Figura 2: Desenvolvimento do traço de concreto CCR.



Fonte: Dados dos Pesquisadores

Os materiais utilizados no traço foram: O cimento CIII40 da Apodi Cimento com o aditivo da VIAPOL: Eucon PL 320 plastificante de pega normal, que classifica o cimento dentro da categoria de alta resistência inicial, britas 0 e 1 da Nordbrita Nordeste Mineração e a areia natural da Nova Construção, conforme traço a seguir. A principal característica deste cimento é que ele alcança altas resistências já nos dias iniciais da sua aplicação. Todos os materiais empregados estão destacados no quadro 1 a seguir:

Quadro 1: Desenvolvimento do traço de concreto CCR.

TRAÇO CCR – FCK 5 MPA SLUMP 0 – FCJ EM 7 DIAS.						
DOSAGEM 1 M3						
Material	Peso (kg/m3)	M. Esp. (kg/m3)	T.U.P.			
Cimento	120	2990	1,000			
Brita 0	576	2690	4,800			
Brita 1	600	2620	5,000			
Areia Média	942	2660	7,850		A/C	1,25
Água	150	1000	1,250			
Ad. Eucon 320	0,36	1170	0,300%		Teor de ar Incorporado	1,00%
AGREGADOS UTILIZADOS:						
Brita 1 Granítica 19 mm, Brita 0 Granítica 9,5 mm, Areia Natural Média 2,62 mm,						
Obs1. O traço poderá sofrer alterações de acordo com as densidades e características dos materiais da região.						

Fonte: Dados dos Pesquisadores

3.1.1 Produção em Usina de Concreto

A produção foi executada com uma usina misturadora, volumétrica modelo TICEL automatizada com capacidade de produção nominal para 90 m³/h, com um silo de cimento cuja capacidade de armazenamento era de 100 toneladas conforme apresentados na figura 3. Embora a usina seja automatizada e o traço cadastrado na automação, deve-se ter muito cuidado com a dosagem da água pois ela é fundamental para que seja possível deixar o traço na umidade ideal, que de acordo com o projeto era de 5 a 7 % de umidade, para uma perfeita compactação e não deixa o concreto aderir aos rolos (liso e vibratório) e suportar o peso dos equipamentos, permitindo uma adequada distribuição no decorrer das intervenções de mistura, espalhamento e compactação.

Figura 3: Produção de concreto CCR na Usina.



Fonte: Dados dos Pesquisadores

O procedimento fundamental foi constituído pelos testes de umidade dos materiais, agregados (Britas e Areia) que eram tirados no mínimo 04 vezes ao dia, pelo laboratório móvel nos horários: 7:00, 10:00, 13:00 e 16:00 horas. Antes do início da operação de produção e carregamentos dos caminhões caçambas (figura 5), produzia-se, para testes, aproximadamente de 1 a 2 m³ de concreto na concha da pá carregadeira para averiguar se a umidade ajustada na automação estava na calibração correta, igual à coletada no laboratório móvel, para uma produção segura (padronização, qualidade do concreto) em ampla escala. Vale ressaltar que nos dias chuvosos não havia produção. As ações de avaliação da umidade estão destacadas na figura 4 abaixo:

Figura 4 – Ajuste de Umidade do traço concreto CCR na usina.



Fonte: Dados dos Pesquisadores.

Figura 5: Produção de concreto CCR e carregamento dos caminhões caçambas



Fonte: Dados dos Pesquisadores

Logo após o carregamento do CCR nos caminhões caçamba, o concreto era coberto por lonas para evitar perdas de umidades para as temperaturas ambientes e posteriormente o transporte deste material para obra que ficava em média de 5 a 15 quilômetros da usina, dependendo do trecho a ser executado no dia.

3.4 Execução de Pavimentação

Todos os dias antes da concretagem era feito o isolamento da área a ser trabalhada, para garantir a segurança das atividades de produção do concreto CCR na pavimentação, para evitar a circulação e acesso de pessoas, veículos e equipamentos não autorizados. Com a chegada dos caminhões caçambas em obra, todas as cargas eram submetidas ao teste de umidade do concreto, como mencionado anteriormente, a umidade ideal do concreto precisava estar em média entre 5 a 7 % de umidade, para o aceite da carga, caso a umidade estivesse em desacordo com o especificado, a carga era rejeitada e descartada.

As cargas em conformidade, eram moldados (Corpos de Provas) e liberadas para descarregamento na pavimentação, onde caminhões basculantes descarregavam o concreto na vibroacabadora de formas deslizantes, que espalhava e nivelava o composto que logo em seguida era compactado pelos rolos: liso e vibratório. As figuras 6 e 7 exemplificam as ações comentadas anteriormente.

Figura 6: Teste de umidade do concreto CCR.



Fonte: Dados dos Pesquisadores

Os corpos de provas eram levados, posteriormente, para o laboratório para rupturas dos mesmos para a confirmação das resistências exigidas em projetos conforme mencionados em carta traços do concreto.

Figura 7: Execução de concreto CCR em pavimentação



Fonte: Dados dos Pesquisadores

O CCR pode ser utilizado como o próprio piso da via, sem a necessidade de outros materiais, como também usá-lo, posteriormente, como sub-base recebendo um revestimento final em sua superfície podendo ser pavimentos rígidos ou asfálticos. Nas figuras 8 e 9 são apresentados alguns exemplos das variadas aplicações citadas.

Figura 8: Execução de concreto CCR em pavimentação.



Fonte: Dados dos Pesquisadores

Figura 9: Processo de imprimação de concreto CCR em pavimentação.



Fonte: Dados dos Pesquisadores

A última etapa, destacada na figura 10, é o processo de cura do concreto, que deve ser realizada com pintura asfáltica (imprimação), utilizando-se emulsão asfáltica catiônica de ruptura rápida. Foram executados aproximadamente 10.700 m³ de concreto, a placa concretada, pavimentação tinha em média 12 m de largura e 20 cm de espessura. O CCR apresenta excelente durabilidade e resistência a erosões, a aplicação é feita diretamente sobre o solo, após a conclusão do processo de terraplenagem como demonstrado.

Figura 10: Pavimentação concluída.



Fonte: Dados dos pesquisadores

A construção desta pavimentação proporcionou à valorização de todo o perímetro da região, embora que toda a infraestrutura no momento não tenha ainda terminado, mais alguns trechos foi liberado para a circulação de veículos. Espera-se, que a obra como um todo, seja concluída até o final de 2021.

4 DISCUSSÃO

Esta discussão ficou estruturada em quatro subtópicos. No primeiro falou-se sobre a história do CCR no Mundo. No segundo abordou-se a história do CCR no Brasil. No terceiro definiu-se o que é CCR e no quarto subtópico foram apresentadas as vantagens e desvantagens do CCR como camada de pavimento rodoviário.

4.1 História do CCR no Mundo

Silva (2006, p. 09) assegura que “a primeira aplicação de CCR em construção de pavimentos foi realizada na Escócia em 1865”. Entretanto, segundo Pasko (1998, pp. 47),

Por iniciativa de George Bartholomew, em 1893 em Bellefontaine, o Estado de Ohio nos Estados Unidos da América (EUA) construiu o que se pode definir como o primeiro pavimento de CCR, por apresentar consistência seca e ter sido aplicado pelo processo de compactação.

“Posteriormente, por volta de 1910, em Grand Forks, Dakota do Norte (EUA), empregou-se o CCR também em pavimento urbano e em 1935 em estradas rurais na Bélgica” (Pitta e Hurtado Diaz, 1991, p. 605).

Percebe-se, nas citações anteriores, que não há uma concordância quanto à data inicial de uso do CCR, mas, independentemente disso, Pitta e Hurtado Diaz (1991) comentam os avanços que a tecnologia do CCR alcançou nos EUA e na Europa.

Vecchia (2013, p. 20) explica que:

Dadas as características favoráveis ao emprego como bases rígidas e de grande durabilidade para pavimentos, o CCR passou nas últimas duas décadas a ser um material de grande interesse. Por tratar-se de um material versátil, é possível também, que seu emprego (em pequena, média e grande escala) venha contemplar a introdução de materiais alternativos, desde que técnica e economicamente justificáveis. Tendo em vista as grandes demandas de infraestruturas urbanas e rurais do país.

Fujimura *et al* (1995, p. 146) explicam que “O CCR em obras de pavimentação teve aplicação sistemática e fundamentada em dados experimentais a partir de 1944 na Inglaterra, sendo dignos de notas as rodovias Crawley, com 70 km, e a de Londres – Birmingham, com 100 km”.

Pitta e Hurtado Diaz (1991, p. 605) fazem o seguinte comentário relacionado ao uso do CCR em “um trecho experimental da rodovia 441 nos EUA em 1950 e, entre 1950 e 1960 a execução de várias rodovias de vários estados norte-americanos onde se destacam os Estados do Texas e Carolina do sul”.

As contribuições de Fujimura *et al* (1995) e as de Pitta e Hurtado Diaz (1991) possibilitam uma tomada de conhecimento relativa às possibilidades de aplicação da tecnologia do CCR em territórios europeus e norte-americanos demonstrando, também, a boa aceitação do produto.

Pittman (1985), Gomez (1987) e Jofré *et al* (1991), relatam que começando pelos anos 1970 o CCR foi impulsionado, pela crise do petróleo, que aumentou, consideravelmente, a despesa para a construção rodoviária com concreto asfáltico dando espaço para essa nova tecnologia CCR que tinha um custo menor do que o concreto asfáltico.

Felix e Gomes (2019, p. 03) ressaltam a importância de se obter resultados positivos nos custos finais de uma obra:

Com a diversificação do mercado da construção civil, a negociação e o planejamento de obras são ferramentas essenciais para se ter resultados positivos nos custos finais. O setor de compras da construção civil, assim como de qualquer outro segmento, tem a função de suprir as necessidades de insumos de seus clientes, sejam internos ou externos, através de um planejamento quantitativo

e qualitativo, a fim de receber o material desejado na quantidade, qualidade e no seu devido tempo.

A questão de ofertar rodovias que apresentem uma alta qualidade da pavimentação é reconhecida para o transporte de mercadorias e para a locomoção de pessoas, como aqui já foi dito, contudo nunca é demais ressaltar que a busca incessante de novas tecnologias de pavimentação que envolvam o CCR são indispensáveis, pois elas garantem um conjunto maior de possibilidades para o desenvolvimento do país empregando soluções econômicas, duradoras e sustentáveis e, com certeza, o processo de pavimentação de rodovias urbanas e rurais é uma etapa relevante para se obter rodovias de qualidade.

4.2 História do CCR no Brasil

Caracterizado como um material que apresenta enorme versatilidade de utilização na Engenharia como um todo, o CCR, desde o momento em que foi criado passou, e continua passando, por significativos aperfeiçoamentos no que diz respeito à sua maneira de produção e, também, no que diz respeito à sua gama de aplicações, que variam conforme a sua composição sempre procurando atender, da melhor maneira possível, as demandas com suas respectivas especificidades. Tais aperfeiçoamentos garantem uma ampliação no seu espectro de utilização garantindo, por sua vez, maior confiabilidade no produto.

Segundo Andriolo (1998) citado por Silva (2006, p. 11),

Existem alguns registros históricos da utilização do CCR no Brasil, como a pavimentação do Vale do Anhangabaú (SP) em 1946. Em 1950 houve a pavimentação do aeroporto de Congonhas, também chamado de São Paulo, e alguns pavimentos no Rio de Janeiro no ano de 1954.

"Ocorreram também obras executadas pela Prefeitura Municipal de Porto Alegre, em 1972, aplicando o CCR como base de pavimento asfáltico em vias urbanas" (Carvalho, 1995, p. 563). Conforme Fujimura *et al* (1995) citados por Silva (2006, p. 11), "no início da década de 1970 o Brasil começou a utilizar o CCR em pavimentos de rodovias em diversas cidades do país, como também em pavimentos de pátios industriais".

Estes registros históricos evidenciam a aceitabilidade pela qual passou a tecnologia do CCR no Brasil, destacando que a sua aplicação, também, se dava em situações de pavimentação fora das rodovias, pois incluía, também, o emprego do CCR nas pistas de aeroportos nacionais importantes.

De acordo com a ABCP (2010), o CCR foi precariamente usado em atividades de pavimentação. Pode-se citar, como exemplo de sua utilização: na Serra do Rio do Rastro, em Santa Catarina: SC – 438 (1984), e comandos de pesagem do DNER em Minas Gerais, São Paulo, Santa Catarina. Nestas obras, o CCR foi usado apenas como camada inferior do pavimento sub-base.

4.3 Definição do CCR

O território brasileiro apresenta um alto volume de estradas que precisam ser pavimentadas, desta maneira, é muito grande as possibilidades de emprego de tecnologias que proporcionem condições ideais de durabilidade, economia, segurança e sempre que possível, todas relacionadas a uma garantia de que os impactos ambientais sejam os mínimos possíveis.

Assim sendo, o CCR apresenta-se como uma tecnologia com um alto grau de potencialidade para atender tanto as necessidades de pavimentação que o Brasil apresenta, como, também, atender os requisitos relativos à durabilidade, economia, segurança. Não se pode esquecer que o CCR é fruto de intensa pesquisa e que, também, proporciona um menor impacto ambiental nas obras de pavimentação, pois apresenta-se como um material rígido, que tem propriedades de absorvência e que garante melhor distribuição ao carregamento imposto pelo tráfego, além disso tem maior resistência, durabilidade e apresenta um baixo índice de deformação que está associado a uma redução, significativa, de reparos periódicos que são necessários em qualquer processo de pavimentação, repercutindo, favoravelmente, nos custos operacionais e de manutenção.

Segundo Andrade (1997, p. 66), o CCR “é um concreto de consistência seca, não mensurável pelo ensaio de abatimento do troco de cone, e se diferencia do concreto convencional principalmente no que diz respeito à trabalhabilidade e consistência”.

O CCR é caracterizado como um material de uso regular tanto na esfera governamental como para empresas particulares portanto é importante mantê-lo em estoque ou garantir, estrategicamente, o seu fornecimento sempre que as obras foram planejadas. Neste contexto Costa e Gomes (2021, p. 33) comentam:

Materiais com consumo regular, a partir do momento que o estoque de matéria prima ou materiais atingem o nível mínimo definido, os sistemas devem disparar compras através de contratos acordados, tendo sido esses contratos definidos após concorrência ou licitações efetuadas [...] em todo o processo de compra.

Afirma-se que o CCR é uma mistura úmida, de abatimento de *slump* 0, de agregados (Britas 01 e Areia), água e cimento, com resistência mínima de F_{ck} 5 Mpa à compressão, compactados por rolos: liso e vibratório.

Gallo e Padilha (1991) citados por Silva (2006, p. 08) destacam que “o desenvolvimento tecnológico do CCR está calçado, em diferentes países, nas experiências com solo-cimento e brita graduada tratada com cimento (BGTC)”.

Este desenvolvimento tecnológico pode garantir ao transporte de cargas e de passageiros do Brasil, que é composto de forma prioritária pelo modal rodoviário, o gasto otimizado de recursos, já que o país está necessitando de um elevado programa estratégico de pavimentação, representando

deste modo, uma parcela significativa de investimentos na infraestrutura voltada para o transporte rodoviário.

A expansão da malha rodoviária pavimentada vai proporcionar melhora econômica e desenvolvimento para o nosso país que deve priorizar o acompanhamento do crescimento da frota de veículos de modo que as nossas rodovias possam suportar a demanda crescente que acontece no modal rodoviário.

Moretto (2020, p. 18) comenta que

A malha rodoviária federal do Brasil possui atualmente uma extensão em torno de 76 mil km, dos quais 65 mil km são rodovias pavimentadas e o restante, 10,4 mil km, rodovias não pavimentadas. Sua administração é feita pelo órgão de autarquia federal, vinculado ao Ministério da Infraestrutura, o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), o qual atua como órgão gestor e executor dos empreendimentos, através de construção de novas vias, pavimentação, dentre outras atribuições.

No entendimento de Bernardes (2018), a necessidade de expansão das rodovias pavimentadas está associada à constante expansão da produção agrícola e industrial brasileira, somada ao desenvolvimento acelerado da população que exigem dos nossos gestores um maior investimento em infraestrutura rodoviária para garantir uma melhor locomoção dos veículos destinados ao o transporte de cargas ou para aqueles que se dedicam à locomoção de pessoas.

Compreende-se que as opiniões externadas pelos autores supracitadas revelam a importância da aplicação da tecnologia do CCR nas rodovias brasileiras e nas rodovias localizadas dentro e fora das grandes áreas metropolitanas, como é o caso deste estudo, é de grande importância especialmente para reduzir custos e para reduzir agressões ao meio ambiente.

4.4 Vantagens e Desvantagens do CCR Como Camada de Pavimento Rodoviário

Andriolo e Sgarboza (1993) e Andrade (1997), destacam que o uso de CCR em pavimentos apresentam algumas vantagens como: Baixo custo de produção com uma economia em média de 20% a 30%, se comparado com estruturas tradicionais; Baixo custo de aplicação pois utiliza equipamentos e mão de obra já pronta nas empreiteiras.

Pode-se mencionar, também, como benefícios a alta agilidade de implementação e baixa manutenção com vida útil estimada em 20 anos. Com relação à trabalhabilidade a pavimentação com CCR apresenta uma mistura com uma consistência adensada e, em se tratando do acabamento, o CCR tem uma textura tipicamente similar ao asfalto, mas em determinadas situações pode assemelhar-se ao concreto convencional.

Tais características são adequadas para que ocorra a consolidação desejada do CCR, pois o mesmo deve ser bastante “seco” com a finalidade de suportar o peso do equipamento de adensamento e devidamente úmido com a intenção de facilitar a adequada distribuição da pasta ligante na massa de concreto no decorrer do processo de mistura, e, também, durante os processos de espalhamento e compactação, tendo como resultando um concreto com características ideais para o atendimento das normas do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT).

Segundo Pittman (1985), a principal desvantagem do CCR são as anormalidades superficiais desenvolvidas durante o procedimento de compactação nas juntas. A Associação das Indústrias de Concreto do Mississippi (2003), citada por Silva (2006, p. 16) destaca que “as desvantagens do CCR são referentes aos locais de aplicação, pois possuem imperfeições aparentes, sua textura superficial é bastante áspera e rugosa, e que não é indicado para pavimentos de baixo tráfego”.

Mesmo diante das desvantagens apontadas pelos autores citados não se pode negar que as vantagens, proporcionadas por esta tecnologia do CCR, podem proporcionar melhores resultados em sua aplicação de modo a promover a redução de custos e reforçar a redução dos impactos ambientais como já foi mencionado.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como é possível observar este trabalho buscou demonstrar o processo de construção da pavimentação em obra Rodovia 4º Anel Viário, utilizando o CCR como sub-base para pavimentos rígidos e asfálticos, apresentando técnicas construtivas com fotos ilustrativas para facilitar a compreensão de futuros engenheiros de produção e estudantes de forma geral, bem como, entender as etapas dos processos construtivos desde a elaboração do traço, usinagem a aplicação em obra.

Ao final, após o atendimento dos objetivos planejados, esta pesquisa evidencia que dentro dos critérios técnicos abordados neste artigo científico, fica evidenciado que o CCR utilizado para a pavimentação de rodovias urbanas e rurais alcança maior vantagem sobre outros tipos de pavimento e tem potenciais características que podem agregar qualidade à malha rodoviária pavimentada do país.

A pesquisa revela que isto ocorre porque o CCR apresenta características que melhoram significativamente, a qualidade das rodovias, promovendo o conforto e a segurança para todos que as utilizam, reduzindo o tempo de viagem, o custo operacional dos veículos, além de ser uma tecnologia relacionada à redução dos riscos de acidentes.

Almeja-se que este trabalho possa se constituir em mais uma fonte de pesquisa, de suma importância profissional, para todos aqueles que tiverem a oportunidade de ler este trabalho e que pretendem pesquisar a mesma temática.

REFERÊNCIAS

- ABCP. (2010) *Associação Brasileira de Cimento Portland*. Disponível em <http://www.abcp.org.br/conteudo/quem_somos/apresentacao/associacao-brasileira-de-cimento-portland> Acesso em 10 de março de 2021.
- Andrade, W. P. (1997). *Concretos – Massa, Estrutural, Projetado e Compactado com Rolo: Ensaio e Propriedades*. São Paulo: Editora Pini.
- Andriolo, F. R. (1998). *Contribuições para Conhecimento e Desenvolvimento do Concreto Rolado*. São Paulo: Editora Barber Greene.
- Andriolo, F. R. & Sgarboza, B. C. (1993). *Inspeção e Controle de Qualidade do Concreto*. São Paulo: Editora Newswork.
- Bernardes, F. (2018). Com (bem) menos rodovias que os EUA, Brasil vê safra "empacada" na logística. *Gazeta do Povo*. 05/04/2018. Disponível em: <<http://www.gazetadopovo.com.br/agronegocio/expedicoes/expedicao-safra/2017-2018/com-bem-menos-rodovias-que-os-eua-brasil-ve-a-safra-empacada-na-logistica-burfwpzw9987ckdnh2vy57k4v>>. Acesso em: 03 dez 2021.
- Carvalho, M. D. (1995). O concreto Rolado como Camada Final de Base e Revestimento de Pavimentos Urbanos. IN: *1º Simpósio de Obras de Concreto Compactado com Rolo. Anais*. São Paulo. p. 563 – 580.
- Costa, P. H. D. & Gomes, R. L. R. (2021). Procurement 4.0: como a aplicação de novas tecnologias e robotização transformara a área de suprimentos das empresas. *Revista Caribeña de Ciencias Sociales*. (vol 10, Nº 7 julio-septiembre, pp. 25-37. ISSN: 2254-7630. DOI: <https://doi.org/10.51896/caribe/BMQH4957>. Disponível em: <https://www.eumed.net/es/revistas/caribena/julio-septiembre-2021/novas-tecnologias-empresas>. Acesso em 02/12/2021.
- Felix, K. dos S. & Gomes, R. L. R. (2019). Negociação e planejamento de suprimentos na construção civil. *Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana*, (noviembre 2019). ISSN: 1696-8352. Disponível em: <https://www.eumed.net/rev/oel/2019/11/suprimentos-construcao-civil.html>. Acesso em: 02/12/2021.
- Fujimura, F.; Hennies, W. T.; Silva, M. A. R. & Soares, L. (1995). O Uso de Finos de Pedreira de Rochas Gnáissicas e Graníticas em Substituição às Áreas Naturais. *Anais. 29º Reunião Anual de Pavimentação*. V 1. Cuiabá – MT, 23 a 27 de setembro. p 146 – 151.

- Gallo, D. F. & Padilha, J. O. (1991). Experiências em la Pavimentacion com Concreto Compactado con Rodillo en México. *Anais da 25º Reunião Anual de Pavimentação*, São Paulo.
- Gil, A. C. (2010). *Como elaborar projetos de pesquisa*. 5ª ed. São Paulo: Atlas.
- Gomez, J. D. (1987). *Roller Compacted Concrete for Highway Applications*. PhD dissertation. Purdue University. Dec.
- Jofré, C.; Josa, A.; Fernandez, R. & Kraemer, C. (1991). RCC Pavements in Spain. International Conference on Concrete Pavement Design and Rehabilitation, Proceedings. *Transportation Research Board – 101º Annual Meeting – Anais*. West Lafayette.
- Moretto, R. P. (2020). *Comportamento Mecânico do Concreto Compactado com Rolo com Adição da Cinza de Madeira*. Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil de Infraestrutura do Centro Tecnológico de Joinville. Joinville: Universidade Federal de Santa Catarina.
- Nichols, H. & David, D. (2010). *Moving the Earth: The workbook of excavation*, 6th. ed. - McGraw-Hill Professional.
- Pasko, T. J. Jr. (1998). Pavements: Past, Present and Future. *Concrete International*, Vol. 20. N. 5, May. pp. 47 – 52. ISSN 01624075.
- Pitta, M. R. (2002). Concreto Rolado: Uma Solução Econômica e Durável para a Pavimentação Urbana. *Seminário Técnico Sobre Pavimentação Urbana à Base de Cimento – Anais*. São Paulo.
- Pitta, M. R. & Hurtado Diaz, P. S. (1991). Estado-del-Arte de Los Pavimentos de concreto Compactado com Rodillo. *Simpósio sobre Pavimentos de Concreto – Anais*. Caracas. p. 605 – 633.
- Pittman, D. W. (1985). Construction of Roller Compacted Concrete Pavements. *U. S. Army Engineer Waterways Experiment Station*. Vicksburg: Mississippi, Aug.
- Silva, A. J. da. (2006). *Estudo da Viabilidade de Utilização da Cinza Pesada em Adição ao Concreto Compactado com Rolo (CCR) Destinado a Camada de Base de Pavimentos Híbridos*. Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina.
- Vecchia, A. F. D. (2013). *Influência da Adição de Fibras de Polipropileno na Resistência e na Retração de um Concreto Compactado a Rolo*. Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil e ambiental da Faculdade de Engenharia e Arquitetura da Universidade de Passo Fundo. Passo Fundo: UPF.
- Yin, R. K. *Estudo de caso – planejamento e métodos*. 2ª ed. Porto Alegre: Bookman.