UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

CENTRO TECNOLÓGICO

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

ANA LUIZA GARCIA PEDROSA DE OLIVEIRA E SOUZA

LORENA FERREIRA CARPES

CONTRIBUIÇÃO À APLICAÇÃO DA ANÁLISE DE CICLO DE VIDA NA INDÚSTRIA CIMENTEIRA: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Vitória

2012

CONTRIBUIÇÃO À APLICAÇÃO DA ANÁLISE DE CICLO DE VIDA NA INDÚSTRIA: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Ambiental do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção de grau de Engenheiro Ambiental na Universidade Federal do Espírito Santo.
Orientador: Prof. Dr. Renato Ribeiro Siman

SUMáRIO

LISTA DE FIGURAS

7

LISTA DE TABELAS

9

RESUMO

10

ABSTRACT

11

1 INTRODUÇÃO

12

2 OBJETIVOS

13

2.1 OBJETIVO GERAL

13

2.2 OBJETIVOS ESPECíFICOS

13

3 ACV: ASPECTOS METODOLÓGICOS

14

3.1 DEFINIçãO DO OBJETIVO E ESCOPO

15

3.2 ANáLISE DE INVENTáRIO 16
3.3 AVALIAçãO DE IMPACTO 17
3.4 INTERPRETAçãO DOS RESULTADOS 18
3.5 PLATAFORMAS DE ACV 19
3.6 LIMITAçõES DA METODOLOGIA DA ANALISE DE CICLO DE VIDA 20
3.7 PRINCIPAIS CENTROS DE REFERêNCIA DE ACV NO BRASIL E NO MUNDO 21

4 O CIMENTO 23

4.1 A COMPOSIçãO DO CIMENTO PORTLAND 23
4.2 CLíNQUER 24
4.3 ADIçõES 24
4.3.1 GESSO 27
4.3.2 ESCóRIA DE ALTO-FORNO 27
4.3.3 MATERIAIS POZOLâNICOS 28
4.3.4 MATERIAIS CARBONáTICOS 32
4.3.5 LIMITES à APLICAçãO DAS ADIçõES 34
4.4 ETAPAS DE PRODUçãO 34
4.4.1 EXTRAçãO DA MATéRIA-PRIMA

34
4.4.2 BRITAGEM
34
4.4.3 DEPóSITO (PRé-HOMOGENEIZAçãO)
35
4.4.4 DOSAGEM
35
4.4.5 MOAGEM DA MISTURA CRUA
35
4.4.6 SILOS DE HOMOGENEIZAçãO DA MISTURA CRUA
35
4.4.7 SISTEMA FORNO (PRé-AQUECIMENTO, PRé-CALCINAçãO, SINTERIZAçãO OU CLINQUERIZAçãO E RESFRIAMENTO):
35
4.4.8 RESFRIAMENTO DO CLíNQUER
36
4.4.9 ADIçõES
37
4.4.10 MOINHO DE CIMENTO
37
4.4.11 SILOS DE CIMENTO
38
4.4.12 EXPEDIçãO
38
4.5 IMPACTOS AMBIENTAIS NA INDúSTRIA DO CIMENTO
38
4.6 CONSTRUçãO CIVIL E SUSTENTABILIDADE
41
4.6.1 EXEMPLOSE INICIATIVAS
43
4.6.2 ACV NA CONSTRUçãO CIVIL
47
4.7 CIMENTEIRAS NO BRASIL
48

5 ABORDAGEM METODOLÓGICA 48

5.1 ETAPA 1: COLETA DE MATERIAL 48

5.2 ETAPA 2: COMPILAçãO DA REVISãO BIBLIOGRáFICA 49

5.3 ETAPA 3: ELABORAçãO DO QUESTIONáRIO 49

6 ACV APLICADO AO CIMENTO 49

6.1 O USO DA ACV NO CIMENTO 49

6.2 FERRAMENTAS PARA ACV 50

6.3 BASE DE DADOS 51

6.3.1 FATORES QUE INFLUENCIAM A CONFIABILIDADE DAS BASES DE DADOS 55

6.4 ESTUDOS DE ACV EM CIMENTO 57

6.5 APRESENTAçãO DOS ESTUDOS DE ACV BRASILEIROSEM CIMENTO 60

6.6 ELABORAçãO DO QUESTIONáRIO 62

7 CONSIDERAçõES FINAIS E RECOMENDAçõES 65

8 REFERêNCIAS BIBLIOGRáFICAS 68

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: AVALIAçãO DE CICLO DE VIDA DE UM PRODUTO
14
FIGURA 2: EXEMPLO SIMPLIFICADO DE áRVORE DE PROCESSOS (VERLAG DASHÖFER, 2012)
16
FIGURA 3: ESQUEMA DE UM PROCESSO UNITáRIO (VERLAG DASHÖFER, 2012)
17
FIGURA 4: ETAPAS BáSICAS DA AVALIAçãO DE CICLO DE VIDA (ISO 14040:2006)
18
FIGURA 5: ADIçõES NO CIMENTO (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND, 2009)
32
FIGURA 6: PáTIO DE ESTOCAGEM DE MATéRIA-PRIMA
37
FIGURA 7: MOINHO DE CIMENTO
38
FIGURA 8: ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS DA INDúSTRIA DO CIMENTO (WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT,2002 ADAPTADO POR CARVALHO,2008)
40
FIGURA 9: ROTAS DE EXPOSIçãO HUMANA AOS MATERIAIS E POLUENTES PERIGOSOS NA FABRICAçãO DE CIMENTO (SANTI, 2002)
41
FIGURA 10 :ESQUEMA REPRESENTATIVO COM OS TRêS PILARES DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTáVEL.
42
FIGURA 11: FáBRICAS DE CIMENTO NO BRASIL (SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DO CIMENTO, 2012)
48
FIGURA 12: INTERFACE DO SOFTWARE SIMAPRO.....60

FIGURA 13: INSERçãO DE ENTRADAS E SAíDAS NO SOFTWARE SIMAPRO.....61
FIGURA 14: SELEçãO DOS POLUENTES ATMOSFéRICOS NO SOFTWARE SIMAPRO.....61

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1: *SOFTWARES*E PLATAFORMAS DIRECIONADAS à REALIZAçãO DE ACV (BAUMANN; TILLMAN, 2004; SWEDISH INDUSTRIAL RESEARCH INSTITUTES`INITIATIVE; 2000) (MODIFICADO)
19
QUADRO 2: ALGUNS DOS PRINCIPAIS CENTROS DE REFERêNCIA DE ACV NA AMéRICA DO NORTE
21
QUADRO 3: ALGUNS DOS PRINCIPAIS CENTROS DE REFERêNCIA DE ACVNA EUROPA
22
QUADRO 4: ALGUNS DOS PRINCIPAIS CENTROS DE REFERêNCIA DE ACVNA OCEANIA E NA ÁSIA
22
QUADRO 5: PRINCIPAIS CENTROS DE REFERêNCIA DE ACV NO BRASIL
23
QUADRO 6: COMPOSIçãO DOS CIMENTOS PORTLAND COMUNS E COMPOSTOS (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND, 2002)
26
QUADRO 7: COMPOSIçãO DOS CIMENTOS PORTLAND DE ALTO-FORNO E POZOLâNICOS (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND, 2002)
26
QUADRO 8: ESTRATéGIAS PARA MELHORAR O DESEMPENHO AMBIENTAL DO AMBIENTE CONSTRUíDO (CRAWFORD, 2011)
43
QUADRO 9: BASES DE DADOS MAIS RELEVANTES PARA A INDúSTRIA CIMENTEIRA
55
QUADRO 10: ESTUDOS DE ACV APLICADOS NO CIMENTO
59
QUADRO 11: ESTUDOS DE ACV APLICADOS AO CIMENTO NO BRASIL
60

QUADRO 12: LISTA DE CHECAGEM DO INVENTáRIO DO CICLO DE VIDA DE UMA FáBRICA DE CIMENTO - INFORMAçõES GERAIS
73
QUADRO 13: LISTA DE CHECAGEM DO INVENTáRIO DO CICLO DE VIDA DE UMA FáBRICA DE CIMENTO:MATéRIAS-PRIMAS
74
QUADRO 14: LISTA DE CHECAGEM DO INVENTáRIO DO CICLO DE VIDA DE UMA FáBRICA DE CIMENTO - ÁGUA E OUTROS MATERIAIS AUXILIARES
74
QUADRO 15: LISTA DE CHECAGEM DO INVENTáRIO DO CICLO DE VIDA DE UMA FáBRICA DE CIMENTO - ENERGIA ELéTRICA
75
QUADRO 16: LISTA DE CHECAGEM DO INVENTáRIO DO CICLO DE VIDA DE UMA FáBRICA DE CIMENTO - COMBUSTíVEIS
75
QUADRO 17: LISTA DE CHECAGEM DO INVENTáRIO DO CICLO DE VIDA DE UMA FáBRICA DE CIMENTO - PRODUTOS E SUBPRODUTOS
76
QUADRO 18: LISTA DE CHECAGEM DO INVENTáRIO DO CICLO DE VIDA DE UMA FáBRICA DE CIMENTO - EMISSõES ATMOSFéRICAS
77
QUADRO 19: LISTA DE CHECAGEM DO INVENTáRIO DO CICLO DE VIDA DE UMA FáBRICA DE CIMENTO - RESíDUOS SóLIDOS
78
QUADRO 20: LISTA DE CHECAGEM DO INVENTáRIO DO CICLO DE VIDA DE UMA FáBRICA DE CIMENTO- EFLUENTES LíQUIDOS
79

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: PRODUçãO E UTILIZAçãO DAS CINZAS VOLANTES (MEYER, 2005)
31
TABELA 2: CARACTERíSTICAS DOS PRINCIPAIS SUBSTITUINTES DO CLíNQUER (WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT,

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2009)
33
TABELA 3: ANáLISE DE FERRAMENTAS DE ACV APROPRIADAS PARA A INDúSTRIA DO CIMENTO (WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT, 2002_B)
51
TABELA 4: BASE DE DADOS RELEVANTES (WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT, 2002_B)
53

LISTA DE GRÁFICOS

GRáFICO 1: EMISSõES ESPECíFICAS DE CO_2 POR CIMENTO (SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DO CIMENTO, 2009)
46

RESUMO

A AVALIAçãO DE CICLO DE VIDA (ACV) é UMA FERRAMENTA QUE AVALIA OS IMPACTOS DE UM PRODUTO, PROCESSO OU SISTEMA NO CONJUNTO DE SEU CICLO DE VIDA, DESDE A EXTRAçãO DAS MATéRIAS-PRIMAS ATé A DISPOSIçãO FINAL. INTERNACIONALMENTE RECONHECIDA PELA COMUNIDADE CIENTíFICA, A ACV é O MéTODO MAIS ADEQUADO EM TERMOS DE AVALIAçãO GLOBAL E MULTICRITERIAL DE IMPACTOS AMBIENTAIS E RESULTA DA INTERPRETAçãO DO BALANçO DO FLUXO DE MATéRIAS E ENERGIAS RELACIONADAS A CADA ETAPA DO CICLO DE VIDA DE SEUS PRODUTOS, EXPRESSOS EM IMPACTOS POTENCIAIS SOBRE O MEIO AMBIENTE. A MAIOR DIFICULDADE NA ELABORAçãO DA ACV ENCONTRA-SE NA ETAPA DA ANáLISE DE INVENTáRIO, A QUAL ENVOLVE A COLETA DE DADOS E A REALIZAçãO DE PROCEDIMENTOS DE CáLCULO PARA QUANTIFICAR AS ENTRADAS E SAíDAS PERTINENTES DE UM SISTEMA DE UM PRODUTO. O PRESENTE TRABALHO REALIZOU UMA REVISãO BIBLIOGRáFICA ACERCA DA APLICAçãO DA METODOLOGIA DA AVALIAçãO DE CICLO DE VIDA NA INDúSTRIA CIMENTEIRA. PARA ISSO, COLETOU-SE MATERIAL DE BIBLIOTECAS DIGITAIS INTERNACIONAIS, BANCO DE DISSERTAçòES E TESES DAS PRINCIPAIS UNIVERSIDADES DO PAíS, ORGANIZAçõES NACIONAIS E INTERNACIONAIS LIGADAS à ACV E à PRODUçãO DE CIMENTO.OBSERVOU-SE QUE, APESAR DE SE ENCONTRAREM DIVERSOS TRABALHOS DA ACV APLICADA AO CIMENTO EM PAíSES COMOEUA, ALEMANHA, ESPANHA E JAPãO, NO BRASIL ENCONTROU-SE POUCOS ESTUDOS NESSA áREA. OBSERVOU-SE TAMBéM QUE BASES DE DADOS DE PAíSES ESTRANGEIROS EM ESTUDOS DE ACV NO CIMENTO PODE LEVAR A ERROS CONSIDERáVEIS NOS RESULTADOS E CONCLUSãO, SENDO POR ISSO IMPORTANTE A ELABORAçãO DE UM INVENTáRIO NACIONAL. ELABOROU-SE UMA PROSPOSTA DE QUESTIONáRIO COM O OBJETIVO DE GUIAR A BUSCA DE INFORMAçõES PARA ELEBORAçãO DE UMA ACV NO SETOR E INCENTIVA A SUA APLICAçãO COMO FERRAMENTA DE GESTãO AMBIENTAL CERTIFICADA PELA ISO 14.001.

PALAVRAS-CHAVE:AVALIAçãO DE CICLO DE VIDA (ACV), CIMENTO, INVENTáRIO DE CICLO DE VIDA

ABSTRACT

LIFE CYCLE ASSESSMENT IS A TOOL WHICH ANALYZES THE IMPACT OF A PRODUCT, PROCESS OR SYSTEM, ACROSS ITS ENTIRE LIFE CYCLE, FROM THE EXTRACTION OF THE RAW MATERIAL UNTIL ITS FINAL DISPOSAL. RECOGNIZED WORLDWIDE BY THE SCIENTIFIC COMMUNITY, LCA IS THE MOST APPROPRIATE METHOD CONCERNING GLOBAL AND MULTI-CRITERIA EVALUATION. LCAPROVIDES RESULTS FROM THE INTERPRETATION OF THE MATERIAL AND ENERGY BALANCE FLOW RELATED TO EACH STAGE OF THE LIFE CYCLE, EXPRESSED IN ENVIRONMENTAL POTENTIAL IMPACTS. INVENTORY ANALISYS IS THE MOST DIFFICULT PART OF ITS DEVELOPMENT, BECAUSE IT INCLUDES THE DATA COLLECTION AND CALCULATIONS PROCEDURES TO QUANTIFY THE INPUTS AND OUTPUTS OF A PRODUCT SYSTEM. THE CURRENTSTUDY AIMS TO CONDUCT A LITERATURE REVIEW REGARDING THE APPLICATION OF THE LIFE CYCLE ASSESSMENT METHODOLOGY IN THE CEMENT INDUSTRY. IT HAS BEEN NOTED THAT, DESPITE THE FACT THAT LCA STUDIES HAVE BEEN USED IN COUNTRIES SUCH ASTHE US, GERMANY, SPAIN AND JAPAN, IN BRAZIL IT ONLY A FEW STUDIES HAVE BEEN CONDUCTED. ADDICTIONALLY, ORGANIZATIONS ARE NOTICING THAT THE USE OF DATABASES FROM FOREIGN NATIONS CAN LEAD TO ERRORS IN RESULTS AND CONCLUSION, THUS HIGHLIGHTING THE IMPORTANCE OF DEVELOPING A NATIONAL INVENTORY. WE HAVE DEVELOPED A QUESTIONNAIRE IN ORDER TO COLLECT DATA FROM A CEMENT PLANT TO HELP DEVELOP AN LCA STUDY OF ITS PRODUCTION PROCESS AND STIMULATE ITS APPLICATION AS AN ENVIRONMENTAL MANAGEMENT 14.001 ISO CERTIFIED TOOL.

KEY WORDS: LIFE CYCLE ASSESSMENT (LCA), CEMENT, LIFE CYCLE INVENTORY (LCI).

1 INTRODUÇÃO

A POPULAçãO MUNDIAL RECENTEMENTE ATINGIU A MARCA DE 7 BILHõES DE HABITANTES. A PRINCIPAL CONSEQUêNCIA DESTE CONTíNUO AUMENTO POPULACIONALéA DEMANDA CRESCENTE POR BENS DE CONSUMO, EMPREGOS, SERVIçOS E, PRINCIPALMENTE, OBRAS DE INFRAESTRUTURA BáSICA, TAIS COMO PONTES, BARRAGENS, ESCOLAS, HOSPITAIS E REDES DE SANEAMENTO.

TODAS ESSAS NECESSIDADES ESTãO INTIMAMENTE RELACIONADAS COM AS ATIVIDADES DA INDúSTRIA DA CONSTRUçãO CIVIL. DENTRO DESTE CONTEXTO, EVIDENCIA-SEA IMPORTâNCIA DE UM MATERIAL TãO UTILIZADO NA A CONSTRUçãO CIVIL: O CIMENTO.

O MERCADO CIMENTEIRO NACIONAL EMPREGA 23 MIL TRABALHADORES E é COMPOSTO POR 12 GRUPOS CIMENTEIROS COM 70 FáBRICAS ESPALHADAS POR TODAS AS REGIõES BRASILEIRAS. O BRASIL é O MAIOR PRODUTOR DE CIMENTO DA AMéRICA LATINA, COM 30% DA PRODUçãO DA REGIãO, QUE EM 2007 PRODUZIU 153,4 MILHõES DE TONELADAS. NESSE ANO, O CONSUMOPER CAPITA NO BRASIL FOI DE 240 KG/HABITANTE. É UM CONSUMO BAIXO EM COMPARAçãO COM PAíSESDESENVOLVIDOS, E MUITO AQUéM DAQUELES QUE ESTãO PASSANDO OU PASSARAM RECENTEMENTE POR PROCESSOS DE DESENVOLVIMENTO E CONSTRUíRAM A SUA INFRA-ESTRUTURA(SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DO CIMENTO, 2009).

SE POR UM LADO, O CIMENTO é A BASE INDISPENSáVEL PARA QUE SEJAM CONSTRUíDAS CASAS, HOSPITAIS, ESCOLAS, SISTEMAS DE SANEAMENTO E TRANSPORTE GERANDO EMPREGO, RENDA E QUALIDADE DE VIDA, POR OUTRO, OS IMPACTOS AMBIENTAIS NEGATIVOS NãO SãO NEGLIGENCIáVEIS: EXTRAçãO DE MATéRIA-PRIMA, CONSUMO DE áGUA E ENERGIA, EMISSãO DE DIóXIDO DE CARBONO E OUTROS GASES EFEITO ESTUFA, DISPOSIçãO FINAL DOS RESíDUOS.

ASSIM, TORNA-SE INDISPENSáVEL A UTILIZAçãO DE UMA FERRAMENTA ANALíTICA CAPAZ DE SERVIR COMO SUPORTE A DECISõES DE GESTãO AMBIENTAL. DENTRE AS FERRAMENTAS EXISTENTES, A AVALIAçãO DE CICLO

DE VIDA (ACV) é RECOMENDADA POR IMPORTANTES ENTIDADES COMO SETAC (*SOCIETY OF ENV IRONMENT TOXICOLY AND CHESMISTRY*), ISO (*INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION*) E ADEME (*AGENCE DE L 'ENVIRONNEMENT ET DE LA MAîTRISE DE L 'ENERGIE*), US EPA (*US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY*).

DESTACA-SE, NESTE CONTEXTO, A IMPORTâNCIA DESTE PROJETO, UMA VEZ QUE CONTEXTUALIZA E ESTIMULA AS INDúSTRIAS CIMENTEIRAS BRASILEIRAS A UTILIZAREM A METODOLOGIA DA AVALIAçãO DE CICLO DE VIDA, DISPONIBILIZA UMA PROSPOSTA DE QUESTIONáRIO COM O OBJETIVO DE GUIAR A BUSCA DE INFORMAçõESPARA ELEBORAçãO DE UMA ACV NO SETOR E INCENTIVA à APLICAçãO DE ACV COMO FERRAMENTA DE GESTãO AMBIENTAL CERTIFICADA PELA ISO 14000.

ATUALMENTE, O BRASIL CARECE DE UM BANCO DE INFORMAçõES QUE POSSIBILITA A APLICAçãO DA ACV, POR ISSO, A IMPORTAçãO DE DADOS DE OUTROS PAíSES é UMA PRáTICA RECORRENTE. NO ENTANTO, TAL MEDIDA INTERFERE NA CONFIABILIDADE DOS RESULTADOS PODENDO LEVAR A CONCLUSõES EQUIVOCADAS.

EVIDENCIA-SE A IMPORTâNCIA DA ADESãO DO SETOR CIMENTEIRO NA APLICAçãO DE ACV NO SEU PROCESSO PRODUTIVO E CONSEQUENTE CONSTRUçãO DE UM INVENTáRIO DE DADOS BRASILEIRO REPRESENTATIVO.

ASSIM, SERá POSSíVEL ALCANçAR UMA MAIOR CONFIABILIDADE NO RESULTADO DE FUTURAS PESQUISAS NA áREA DE CONSTRUçãO CIVIL E CONSEQUENTE FORTALECIMENTO DA COMUNIDADE CIENTíFICA NACIONAL.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

REALIZAR UMA REVISãO BIBLIOGRáFICA ACERCA DA APLICAçãO DA METODOLOGIA DA AVALIAçãO DE CICLO DE VIDA NA INDúSTRIA CIMENTEIRA IDENTIFICANDO AS INICIATIVAS DE ACV APLICADAS NO CIMENTO NO BRASIL E NO MUNDO.

2.2 OBJETIVOS ESPECíFICOS

- IDENTIFICAR ESTUDOS DE ACV NO BRASIL E NO MUNDO APLICADOS NA PRODUçãO DE CIMENTO
- IDENTIFICARFERRAMENTAS, BASES DE DADOS UTILIZADOS NA ACV DA PRODUçãO DO CIMENTO E FATORES QUE INFLUENCIAM NACONFIABILIDADE DOS DADOS NOS ESTUDOS DE ACV
- ELABORARQUESTIONáRIO QUE AUXILIE AS INDúSTRIAS CIMENTEIRAS NA COLETADE DADOS NECESSáRIA PARA ELABORAçãO DE ACV DAPRODUçãO DO CIMENTO.

3 ACV: ASPECTOS METODOLÓGICOS

A ANáLISE DE CICLO DE VIDA DESTACA-SE COMO A METODOLOGIA INTERNACIONALMENTE RECONHECIDA PERANTE A COMUNIDADE CIENTíFICA TENDO POR META ESTABELECER UMA IMAGEM ESTRUTURADA E HOLíSTICA DOS SISTEMAS DE PRODUçãO, PERMITINDO A VISUALIZAçãO CONCRETA E MENSURáVEL DOS POTENCIAIS IMPACTOS RESULTANTES DE TODOS OS ESTáGIOS DO CICLO DE VIDA DO PRODUTO, PROCESSO OU SISTEMA SOBRE AS ATIVIDADES HUMANAS, O MEIO AMBIENTE E AS RESERVAS DE RECURSOS NATURAIS E TEM SIDO AMPLAMENTE UTILIZADA EM TODO O MUNDO.

A ACV é NORMATIZADA PELANBR ISO 14040: GESTãO AMBIENTAL, AVALIAçãO DO CICLO DE VIDA - PRINCíPIOS E ESTRUTURA E NBR ISSO 14044 : GESTãO AMBIENTAL, AVALIAçãO DO CICLO DE VIDA - REQUISITOS E ORIENTAçõES. OBSERVA-SE NA FIGURA 1 UM ESQUEMA SIMPLIFICADO DAS ETAPAS QUE PODEM SER ABORDADAS PELA ACV PARTINDO-SE DA EXTRAçãO DA MATéRIA ATé O FIM DA VIDA úTIL DO PRODUTO.

FIGURA 1: AVALIAçãO DE CICLO DE VIDA DE UM PRODUTO

A ANáLISE DO CICLO DE VIDA DEVE INCLUIR OS SEGUINTES ESTáGIOS: (I)

DEFINIçãO DO OBJETIVO E ESCOPO, (II) ANáLISE DE INVENTáRIO, (III) AVALIAçãO DE IMPACTO E (IV) INTERPRETAçãO DOS RESULTADOS (TILLMANN E BAUMANN, 2004).

3.1 DEFINIçãO DO OBJETIVO E ESCOPO

DEFINIçãO DE OBJETIVO E ESCOPO ENVOLVE A DEFINIçãO DO PRODUTO E DO PROPóSITO DO ESTUDO. O OBJETIVO DE UM ESTUDO DE ACV DEVE DECLARAR INEQUIVOCADAMENTE A APLICAçãO PRETENDIDA, AS RAZõES PARA CONDUZIR O ESTUDO E O PúBLICO-ALVO, ISTO é, PARA QUEM SE PRETENDE COMUNICAR OS SEUS RESULTADOS. CONVéM QUE O ESCOPO SEJA SUFICIENTEMENTE BEM DEFINIDO PARA ASSEGURAR QUE A EXTENSãO, A PROFUNDIDADE E O GRAU DE DETALHE DO ESTUDO SEJAM COMPATíVEIS E SUFICIENTES PARA ATENDER AO OBJETIVO ESTABELECIDO.

ANTES DE SE FAZER A ACV, DEVE-SE ESCOLHER UMA UNIDADE FUNCIONAL. A NBR 14040:2006 APRESENTA A UNIDADE FUNCIONAL COMO UMA UNIDADE DE REFERêNCIA PARA DESEMPENHO QUANTIFICADO DE UM SISTEMA DE PRODUTO. ESTA REFERêNCIA é NECESSáRIA PARA ASSEGURAR A COMPARABILIDADE DE RESULTADOS DA ACV.

OS LIMITES DO SISTEMA TAMBéM DEVEM SER DEFINIDOS ANTES DA BUSCA DE DADOS DE ENTRADA PARA CONSTRUçãO DO INVENTáRIO DE CICLO DE VIDA. ESTES LIMITES DEVEM ESTAR CLARAMENTE IDENTIFICADOS, CONSIDERANDO O MEIO AMBIENTE, AS FRONTEIRAS TEMPORAIS, TECNOLóGICAS E GEOGRáFICAS, BEM COMO OS DEMAIS SISTEMAS E SUBSISTEMAS ENVOLVIDOS, PROMOVENDO A DELIMITAçãO DOS PROCESSOS, FLUXOS E OPERAçõES E A INDICAçãO DOS IMPACTOS PRIORITáRIOS PARA O CONTEXTO DA ANáLISE (SILVA, 2005).

É USUAL QUE DIFERENTES CICLOS DE VIDA ESTEJAM CONECTADOS E QUE, NESTAS SITUAçõES, SURJAM PROBLEMAS DE COMO ATRIBUIR AS CARGAS AMBIENTAIS DERIVADAS. O PROCEDIMENTO PARA RESOLVER TAL IMPASSE é CONHECIDO COMO ALOCAçãO DE IMPACTOS, DEFINIDO COMO A PARTIçãO DE FLUXOS DE ENTRADA E SAíDA DE UM PROCESSO NO SISTEMA EM ESTUDO.PARA A REALIZAçãO DO PROCEDIMENTO DE ALOCAçãO DEVEM SER ADOTADOS CRITéRIOS PARA A DIVISãO DA CARGA AMBIENTAL. ESTES

CRITéRIOS PODEM, POR EXEMPLO, TER COMO BASE O VALOR ECONôMICO DOS PRODUTOS E CO-PRODUTOS NO MERCADO OU PODEM REFLETIR RELAçõES FíSICAS ENTRE ENTRADAS E SAíDAS DOS PROCESSOS. (SAADE *ET AL;* 2010)

A ALOCAçãO DE IMPACTOS é DEFINIDA COMO A PARTIçãO DE FLUXOS DE ENTRADA E SAíDA DE UM PROCESSONO SISTEMA EM ESTUDO.É COMUM QUE DIFERENTES CICLOS DE VIDA ESTEJAM CONECTADOS E QUE NESTAS SITUAçõES SURJAMPROBLEMAS DE COMO ATRIBUIR AS CARGAS AMBIENTAIS DERIVADAS. NA OBSERVâNCIA DESSAS OCASIõES,é IMPORTANTE QUE A DISTRIBUIçãO DA CARGA AMBIENTAL REFERENTE AO PROCESSO PRODUTIVO COMO UMTODO SEJA FEITA COM CAUTELA, E A ALOCAçãO DE IMPACTOS é O PROCEDIMENTO UTILIZADO (ISO 14040: 2006)

3.2 ANáLISE DE INVENTáRIO

ANáLISE DO INVENTáRIO ENVOLVE A COLETA DE DADOS E A REALIZAçãO DE PROCEDIMENTOS DE CáLCULO PARA QUANTIFICAR AS ENTRADAS E SAíDAS PERTINENTES DE UM SISTEMA DE PRODUTO. ESTAS ENTRADAS E SAíDAS PODEM INCLUIR O USO DE RECURSOS E LIBERAçõES NO AR, NA áGUA E NO SOLO ASSOCIADOS COM O SISTEMA. PODEM SER FEITAS INTERPRETAçõES DESTES DADOS, DEPENDENDO DOS OBJETIVOS E ESCOPO DA ACV. ESTES DADOS TAMBéM CONSTITUEM A ENTRADA PARA A AVALIAçãO DOS IMPACTOS AO LONGO DO CICLO DE VIDA (NBR ISO 14040: 2006). ESTA FASE CONSTITUI A PARTE CENTRAL DA ACV, PREDENDO-SE COM ELA A MAIOR PARTE DO TEMPO DESPENDIDO NO ESTUDO.

AS FRONTEIRAS DO SISTEMA SãO DEFINIDAS ATENTANDO-SE AO CUMPRIMENTO DOS OBJETIVOS PRETENDIDOS OU, EM GRANDE PARTE DOS CASOS, PELAS LIMITAçõES DE DADOS, DE TEMPO OU DE RECURSOS (FINANCEIROS E/ OU HUMANOS). DEVE-SE ENTãO FAZER SIMPLIFICAçõES, DECIDINDO QUAIS OS PROCESSOS SERãO INCLUíDOS NO ESTUDO E QUAIS AS ENTRADAS (MATERIAIS E ENERGIA) E SAíDAS (EMISSõES E RESíDUOS) SERãO CONSIDERADOS. UMA FORMA BASTANTE UTILIZADA DE SE ESQUEMATIZAR O CICLO DE VIDA DE UM PRODUTO é O FLUXOGRAMA DE PROCESSOS OU áRVORE DE PROCESSOS, DEMONSTRADO NA FIGURA 2 (VERLAG DASHÖFER, 2012).

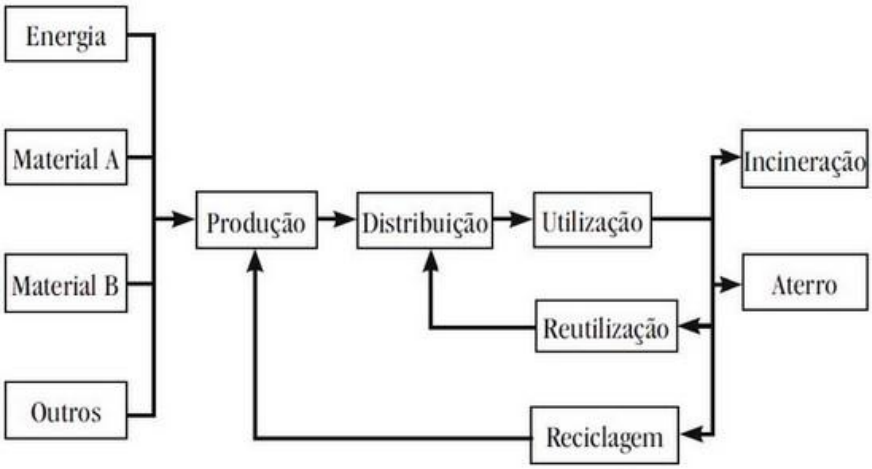

FIGURA 2: EXEMPLO SIMPLIFICADO DE áRVORE DE PROCESSOS (VERLAG DASHOFER, 2012)

NO FLUXOGRAMA ANTERIOR, CADA CAIXA REPRESENTA UM PROCESSO DO CICLO DE VIDA; CADA PROCESSO APRESENTA ENTRADAS E SAíDAS DE MATERIAIS E ENERGIA.PARA FACILITAR A IDENTIFICAçãO DAS ENTRADAS E SAíDAS DO SISTEMA DO PRODUTO, ESTE PODE SER DIVIDIDO EM PROCESSOS UNITáRIOS, DEMONTRADOS NA FIGURA 3(VERLAG DASHÖFER, 2012).

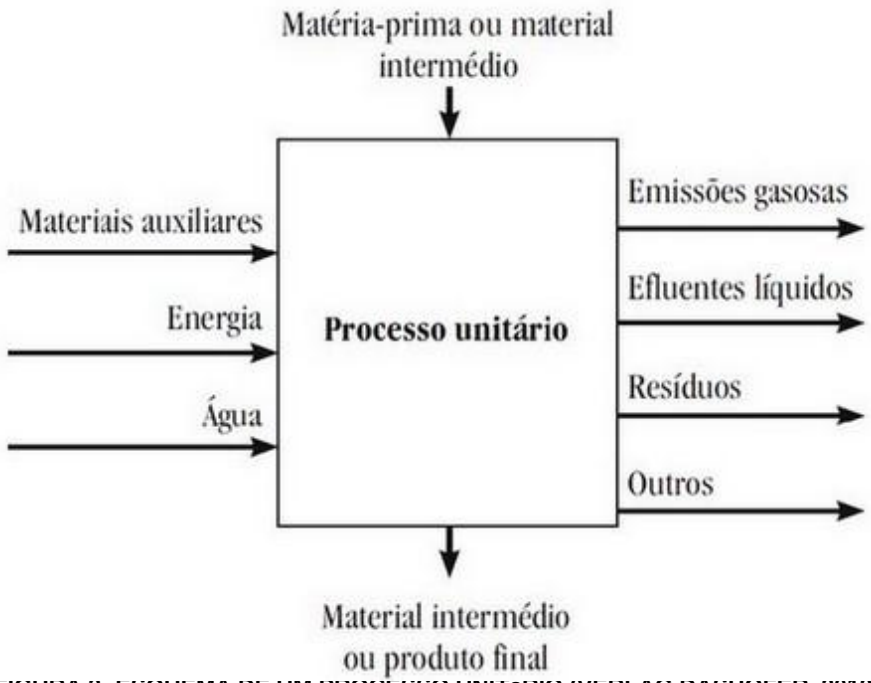

FIGURA 3: ESQUEMA DE UM PROCESSO UNITáRIO (VERLAG DASHOFER, 2012)

3.3 AVALIAçãO DE IMPACTO

AVALIAçãO DE IMPACTOS VISA DESCREVER, OU PELO MENOS INDICAR, OS IMPACTOS DAS CARGAS AMBIENTAIS QUANTIFICADAS NA ANáLISE DO INVENTáRIO. UM DOS OBJETIVOS DA AVALIAçãO DE IMPACTOS DO CICLO DE VIDA é, ENTãO, TRANSFORMAR OS RESULTADOS DO INVENTáRIO EM INFORMAçõES MAIS AMBIENTALMENTE RELEVANTES, ISTO é, INFORMAçõES DE IMPACTOS NO MEIO AMBIENTE, AO INVéS DE APENAS INFORMAçõES SOBRE EMISSõES E USO DE RECURSOS (BAUMANN; TILLMAN, 2004).
A AVALIAçãO DE IMPACTOS CONSTITUI-SE DAS SEGUINTES ETAPAS:

- SELEçãO E DEFINIçãO DAS CATEGORIAS: AS CATEGORIAS DEVEM SER ESTABELECIDAS COM BASE NO CONHECIMENTO CIENTíFICO;
- CLASSIFICAçãO: CLASSIFICAR OS PARâMETROS OBTIDOS NA ANáLISE DE INVENTáRIO SIGNIFICA CONECTá-LOS àS SUAS CATEGORIAS DE IMPACTOS. A CLASSIFICAçãO EXIGE CONHECIMENTO DA RELAçãO DE CAUSA E EFEITO ENTRE POLUENTES E CATEGORIAS DE IMPACTO;
- CARACTERIZAçãO: é O CáLCULO DA EXTENSãO DO IMPACTO AMBIENTAL POR CATEGORIA, SENDO O TOTAL DE IMPACTO OBTIDO UTILIZANDO FATORES DE EQUIVALêNCIA.
- NORMALIZAçãO: A NORMALIZAçãO RELACIONA OS RESULTADOS DA CARACTERIZAçãO A UM VALOR DE REFERêNCIA, DE FORMA A ASSOCIAR OS IMPACTOS DO ESTUDO COM O TOTAL DE IMPACTOS DE UMA DETERMINADA REGIãO.
- ATRIBUIçãO DE PESO: A ATRIBUIçãO DE PESO PODE SER DEFINIDA COMO UM PROCEDIMENTO ONDE A IMPORTâNCIA DE UM IMPACTO AMBIENTAL é PONDERADA EM RELAçãO à IMPORTâNCIA DE OUTRO DADO IMPACTO. O PESO RELATIVO ENTRE DIFERENTES CATEGORIAS é EXPRESSO PELO FATOR DE PESO.

NO ENTANTO, COMO A PONDERAçãO é UM PROCESSO COM BASE EM VALORES E PODE ENVOLVER CRITéRIOS SUBJETIVOS, ESSA ETAPA é CONSIDERADA COMO NãO CIENTíFICA E SUJEITA A DISTORçõES.

3.4 INTERPRETAçãO DOS RESULTADOS

INTERPRETAçãO DE RESULTADO é A ETAPA NA QUAL OS RESULTADOS OBTIDOS NA ANáLISE DO INVENTáRIO, NA ANáLISE DO IMPACTO OU EM AMBOS SãO COMBINADOS CONSISTENTEMENTE COM A DEFINIçãO DE OBJETIVOS E ESCOPO PARA APONTAR CONCLUSõES E RECOMENDAçõES.

A FIGURA 4 DEMONSTRAASQUATRO GRANDES ETAPAS PARA A REALIZAçãO DE UMAACV, DE ACORDO COM ISO 14040:2006:

FIGURA 4: ETAPAS BáSICAS DA AVALIAçãO DE CICLO DE VIDA (ISO 14040:2006)

3.5 PLATAFORMAS DE ACV

A UTILIZAçãO DE UMA PLATAFORMA DE APOIO é NECESSáRIA, UMA VEZ QUE FACILITA O PROCESSO DECOLETA E ORGANIZAçãO DOS DADOS, REALIZA OS CáLCULOS APLICáVEIS AO ESTUDO, ALéM DE FORNECERUMA VISãO CLARA E OBJETIVA DOS RESULTADOS. POR INTERMéDIO DA PLATAFORMA, é POSSíVEL ACESSARBANCOS DE DADOS MUNDIAIS, OTIMIZANDO O TEMPO NECESSáRIO à COLETA DE DADOS.(OLIVEIRA, SAADE, 2010)

EXISTEM, ATUALMENTE, MAIS DE 30*SOFTWARES* E PLATAFORMAS DE APOIO DIRECIONADOS à REALIZAçãO DE ESTUDOS DE ACV DISPONíVEIS (WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT, 2002_B). O QUADRO 1APRESENTA ALGUNSDESTES íTENS QUE POSSIBILITAM A INCLUSãO DE PROCESSO DE REúSO E RECICLAGEM, ACEITANDO FLUXOS DE PRODUçãO RAMIFICADOS.TODOS OS SOFTWARES APRESENTADOS SãO PAGOS E APENAS O JEMAI, DO JAPãO, NãO POSSUI VERSãO DE TESTE.

SOFTWARE	PAíS DE ORIGEM	TIPO DE USUáRIO	SOFTWARE ABERTO	POSSUI VERSãO DE TESTE
THE BOUSTEAD MODEL	REINO UNIDO	ENGENHEIRO PROJETISTA, ENGENHEIRO AMBIENTAL E ESPECIALISTA EM ACV	PAGO	SIM
GABI	ALEMANHA	ESPECIALISTA EM ACV	PAGO	SIM
JEMAI-LCA	JAPãO	ENGENHEIRO PROJETISTA E ESPECIALISTA EM ACV	PAGO	NãO
LCA-IT4	SUéCIA	ENGENHEIRO PROJETISTA, ENGENHEIRO AMBIENTAL E ESPECIALISTA EM ACV	PAGO	SIM
SIMA-PRO	PAíSES BAIXOS	ENGENHEIRO PROJETISTA, ENGENHEIRO AMBIENTAL E ESPECIALISTA EM ACV	PAGO	SIM
TEAM™	FRANçA	ENGENHEIRO AMBIENTAL E ESPECIALISTA EM ACV	PAGO	SIM

QUADRO 1: SOFTWARES**E PLATAFORMAS DIRECIONADAS à REALIZAçãO DE ACV (BAUMANN; TILLMAN, 2004; SWEDISH INDUSTRIAL RESEARCH INSTITUTES`INITIATIVE; 2000) (MODIFICADO).**

3.6 LIMITAçõES DA METODOLOGIA DA ANALISE DE CICLO DE VIDA

AS DECISõES SOBRE SELEçãO DE MATERIAIS, SISTEMAS, TECNOLOGIAS E POSTURAS ESTRATéGICASEMPRESARIAIS DEVEM SER CONFIRMADAS POR EVIDêNCIA CIENTíFICA SUFICIENTE PARA MOSTRAR QUEUMA DETERMINADA SOLUçãO é, SOB A PERSPECTIVA AMBIENTAL, A MAIS INDICADA PARA UM CONTEXTOESPECíFICO. É NESTE PONTO QUE A ACV PRETENDE CHEGAR APóS CONSIDERAR AS OPçõES DISPONíVEISE RACIONALIZAR OS DADOS COLETADOS, O QUE CONSEQUENTEMENTE A TORNA UMA FERRAMENTA VALIOSAPARA ORIENTAR A TOMADA DE DECISõES (GOMES, 2003).

NO ENTANTO, A ANáLISE DO SISTEMA, A ESTRUTURA AO REDOR DA UNIDADE FUNCIONAL TENDE A OBSCURECER FATORES IMPORTANTES NECESSáRIOS PARA SE DETERMINAR OS REAIS IMPACTOS AMBIENTAIS. AMBAS AS ESPECIFICIDADES ESPACIAL E TEMPORAL SãO GERALMENTE PERDIDAS DURANTE O INVENTáRIO; ASSIM A ETAPA DA AVALIAçãO DE IMPACTO DO CICLO

DE VIDA PODE APENAS APROXIMAR POTENCIAIS IMPACTOS AMBIENTAIS, E NãO ENDEREçA OU ESTIMA IMPACTOS REAIS. ESTE DESAFIO é UMA áREA DE PESQUISA CONTíNUA NA ACV(WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT, 2002_B).

GOMES (2003) TAMBéM DIZ QUE AS PRINCIPAIS BARREIRAS DA METODOLOGIA DA ANáLISE DO INVENTáRIO ESTãO CONCENTRADAS NA DIFICULDADE DE AQUISIçãO DEDADOS CONFIáVEIS E EM PROCEDIMENTOS ESPECíFICOS, PARTICULARMENTE A CARACTERIZAçãO E AVALORAçãO DE IMPACTOS. NO ENTANTO, POR LIMITAR-SE A ASPECTOS QUE POSSAM SER QUANTIFICADOS, ACONTABILIDADE ANALíTICA DE UM PRODUTO (OU PROCESSO) FEITA EM UMA ACV ACABA REPRESENTANDO,EM CERTOS CASOS, APENAS UMA DESCRIçãO PARCIAL DOS IMPACTOS AMBIENTAIS DO SISTEMA.ISTO PODE SER ATRIBUíDO A ALGUNS ASPECTOS-CHAVE QUE, EM MAIOR OU MENOR GRAU, PERMANECEM INSOLUTOS, ENTRE ELES:

- A QUALIDADE EDISPONIBILIDADE DE FONTES DEDADOS: O QUE SE TORNA ESPECIALMENTEDELICADO SE A ANáLISE DO PROCESSO EXIGIR A AMPLIAçãO DOS LIMITES DO SISTEMA;
- LIMITAçõES DE CUSTO;
- FALTA DE UMA UNIDADE PARA COMPARAçãO DOS IMPACTOS:A COMPARAçãO DE DIFERENTESCATEGORIAS AMBIENTAIS é BASTANTE DIFíCIL E ESTABELECER UMA HIERARQUIA ENTRE OS EFEITOS éUM PROCEDIMENTO ESSENCIALMENTE SUBJETIVO, QUE VARIA COM UMA AGENDA AMBIENTALESPECíFICA E DEFINIDA CASO A CASO;
- PROCEDIMENTOS DE ALOCAçãO DE IMPACTOS NO CASO DE CO-PRODUTOS, PRODUTOS COM TEOR RECICLáVEL; E DE GERENCIAMENTO DE RESíDUOS;
- INCAPACIDADE PARA QUANTIFICAR DETERMINADOS IMPACTOS, COMO NO CASO DA VALORAçãODE QUESTõES COMO A VIDAHUMANA VERSUSCERTOS DANOS AMBIENTAIS, POR EXEMPLO (GOMES, 2003).A DETERMINAçãO DAS QUESTõES AMBIENTAIS SIGNIFICANTES é UMA DAS PARTES MAIS DESAFIANTES DA ACV.EMBORA O MéTODO ESTRUTURE ESTA ETAPA, A UTILIZAçãO DE DADOS E INDICADORES, A ESCOLHA DE VALORES NO JULGAMENTO SãO PROVIDENCIADOS ULTIMAMENTE PELOS PATROCINADORES OU ANALISTAS DO ESTUDO. SE NO ENTANTO AS

METAS E OBJETIVOS NãO SãO CLAROS, HAVERá UM GRAU DE INCERTEZA NO ESTUDO, LEVANDO A CONCLUSIVIDADE REDUZIDA OU CREDIBILIDADE NOS RESULTADOS (WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT, 2003).

3.7 PRINCIPAIS CENTROS DE REFERêNCIA DE ACV NO BRASIL E NO MUNDO

OS CENTROS DE REFERêNCIA EM ESTUDOS DE ACV CONCENTRAM-SE, PRINCIPALMENTE, NA EUROPA, AMéRICA DO NORTE E ÁSIA. ALGUNS DOS PRINCIPAIS CENTROS DE ACV,EM NíVEL INTERNACIONAL E TAMBéM NO BRASIL,ESTãO EXEMPLIFICADOS NOSQUADRO 2, QUADRO 3QUADRO 4 E QUADRO 5.FOI DADO êNFASE àS AçõES DESENVOLVIDAS NA áREA DA CONSTRUçãO CIVIL.

	CENTROS DE REFERêNCIA	**PRINCIPAIS AçõES DESENVOLVIDAS**
AMERICA DO NORTE	*CIVIL & ENVIRONMENTAL ENGINEERING DEPARTMENT E O MASCARO CENTER FOR SUSTAINABLE INNOVATION (MSCI), DA SWANSON ENGINEERING SCHOOL, UNIVERSITY OF PITTSBURGH (U PITT SWANSON) - ESTADOS UNIDOS*	METODOLOGIA HíBRIDA DE ACV é APLICADA NA FASE DE CONSTRUçãO DE UM EDIFíCIO, COMBINANDO AS VANTAGENS DE ABORDAGEM DO PROCESSO OU *INPUT-OUTPUT. (BILEC* ET AL*, 2006)*

	ATHENATM SUSTAINABLE MATERIALS INSTITUTE (CANADA)-CANADÁ	DESENVOLVIMENTO DO ATHENA™, POSSIBILITANDO AVALIAçõES AMBIENTAIS DE MATERIAIS E DE EDIFíCIOS

QUADRO 2: ALGUNS DOS PRINCIPAIS CENTROS DE REFERêNCIA DE ACV NA AMéRICA DO NORTE

	CENTROS DE REFERêNCIA	**PRINCIPAIS AçõES DESENVOLVIDAS**
EUROPA	*SETAC (SOCIETY OF ENVIRONMENTAL TOXICOLOGY AND CHEMISTRY - EUROPE)-BÉLGICA*	DESENVOLVIMENTO DE FERRAMENTASMETODOLóGICAS E COMPUTACIONAISPARA A APLICAçãO DA ACV, ESTIMULANDO A NORMALIZAçãOINTERNACIONAL, CABENDODESTACAR A ELABORAçãO E PUBLICAçãO DO *LEIDEN WORKSHOP REPORT: CONCEPTUAL FRAMEWORK FOR IMPACT ASSESSMENT; GUIDELINES FOR LIFE-CYCLE ASSESSMENT: A CODE TO PRACTICE; LIFE CYCLE ASSESSMENT DATA QUALITY: A CONCEPTUAL FRAMEWORK; PUBLIC POLICY APPLICATIONS OF LIFE CYCLE ASSESSMENT; E STREAMLINED LCAS (SETAC)*

		ADEME (AGENCE DE L EVIRONNEMENT ET DE LA MAíTRISE DE L ENERGY)-FRANÇA	ADAPTAçãO DA ACV PARA A INDúSTRIA DA CONSTRUçãO CIVIL; RESSALTANDO O DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS COMO O *HIGH ENVIRONMENTAL QUALITY BUILDINGS* E O *REDUCTION OF ENVIRONMENTAL IMPACTS OF CONSTRUCTION PRODUCTS* (ADEME)

	LCANET(EUROPEAN NETWORK FOR STRATEGIC LIFE CYCLE ASSESSMENT) - HOLANDA	DISSEMINAçãO DA METODOLOGIA PERANTE A COMUNIDADE EUROPéIA, RESSALTANDO O DESENVOLVIMENTO DOS PROGRAMAS LCANET

QUADRO 3: ALGUNS DOS PRINCIPAIS CENTROS DE REFERêNCIA DE ACVNA EUROPA.

	CENTROS DE REFERêNCIA	PRINCIPAIS AçõES DESENVOLVIDAS
ÁSIA	DEPARTMENT OF CONSTRUCTION MANAGEMENT, SCHOOL OF CIVIL ENGINEERING, TSINGHUA UNIVERSITY, BEIJING. - CHINA	DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA DE ANáLISE DE DESEMPENHO AMBIENTAL DE EDIFíCIOS (*BUILDING ENVIRONMENTAL PERFORMANCE ANALYSIS SYSTEM* - BEPAS), BASEADO NA ESTRUTURA NA ANáLISE DO CICLO DE VIDA. NO BEPAS OS IMPACTOS AMBIENTAIS SãO INVESTIGADOS NOS TRêS PRINCIPAIS ASPECTOS DE UMA CONSTRUçãO QUE ESTãO MAIS RELACIONADOS COM DESEMPENHO AMBIENTAL: INSTALAçãO, MATERIAIS DE CONTRUçãO E LOCALIZAçãO. (ZHANG *ET AL*, 2006).

MODELO INTEGRADO DE ANáLISE DE IMPACTO AMBIENTAL DO CICLO DE VIDA QUE é APLICADO A FASES DA CONSTRUçãO (XIADONG *ET AL*, 2010).

		EMAI (JAPAN ENVIRONMENTAL MANAGEMENT ASSOCIATION FOR INDUSTRY)- JAPÃO	O *JEMAI* SE RESPONSABILIZA PELA COORDENAçãO DO *NATIONAL ACV PROJECT*, TENDO COMO PRINCIPAIS PROPóSITOS O DESENVOLVIMENTO DE BANCOS DE DADOS E O ENDOSSO DA APLICAçãO DA ANáLISE DO CICLO DE VIDA EM DIVERSOS PAíSES

OCEANIA	*ROYAL MELBOURNE INSTITUTE OF TECHNOLOGY RMIT UNIVERSITY (CENTRE FOR DESIGN)- AUSTRÁLIA*	ESTABELECIMENTO DE UM CONSóRCIO INTERNACIONAL ENVOLVENDO O *CENTRE FOR DESIGN AT RMIT, O CENTRE FOR WATER AND WASTE TECHNOLOGY AT THE UNIVERSITY OF NEW SOUTH WALES* E A *COOPERATIVE RESEARCH CENTRE FOR WASTE MANAGEMENT AND POLLUTION CONTROL* PARA O DESENVOLVIMENTO DE BANCOS DE DADOS RELATIVOS A PLáSTICOS, EMBALAGENS, ALUMíNIO AçO, MADEIRA, CONCRETO, SISTEMAS DE ENERGIA E DE TRANSPORTES, RESULTANDO NO *AUSTRALIAN LIFE CYCLE INVENTORY DATA PROJECT*, DE ACESSO PúBLICO E ATUALIZAçõES *ON-LINE*.

QUADRO 4: ALGUNS DOS PRINCIPAIS CENTROS DE REFERêNCIA DE ACVNA OCEANIA E NA ÁSIA

	CENTROS DE REFERêNCIA	PRINCIPAIS AçõES DESENVOLVIDAS
BRASIL	*DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITáRIA E AMBIENTAL - UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC*	PESQUISAS DESENVOLVIDAS PARA A CONSTRUçãO DE INVENTáRIO DA PRODUçãO DE PRODUTOS CERâMICOS PISOS E TIJOLOS CERâMICOS.

	EESC/USP - ESCOLA DE ENGENHARIA DE SãO CARLOS, UNIVERSIDADE DE SãO PAULO-USP	ANáLISES, COM FOCO EM GESTãO AMBIENTAL E ENERGéTICA DE PROCESSOS PRODUTIVOS; ANáLISE DO CICLO DE VIDA; DESENVOLVIMENTO DE TECNOLOGIAS DE PRODUçãO LIMPA.	

	UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPíRITO SANTO-UFES	DESENVOLVIMENTO DE ACV AVALIANDO, COMPARATIVAMENTE, OS CICLOS DE PRODUçãO DOS TIJOLOS CERâMICOS MACIçOS, TIJOLOS PRENSADOS DE SOLO-CIMENTO E TIJOLOS PRENSADOS DE ESCóRIA DE ALTO-FORNO (SILVA, 2005)

APLICAçãO DE ACV NA CONTRUçãO CIVIL COM CONSIDERAçõES DA ALOCAçãO DE IMPACTOS NO PROCESSO DE FABRICAçãO E SUA REFLEXãO NA INDúSTRIA DO CIMENTO (OLIVEIRA, SAADE, 2010).

QUADRO 5: PRINCIPAIS CENTROS DE REFERêNCIA DE ACV NO BRASIL

4 O CIMENTO

4.1 A COMPOSIçãO DO CIMENTO PORTLAND

O CIMENTO PORTLAND é COMPOSTO DE CLíNQUER E DE ADIçõES. O CLíNQUER é O PRINCIPAL COMPONENTE E ESTá PRESENTE EM TODOS OS TIPOS DE CIMENTO PORTLAND. AS ADIçõES PODEM VARIAR DE UM TIPO DE CIMENTO PARA OUTRO E SãO, PRINCIPALMENTE, ELAS QUE DEFINEM OS DIFERENTES TIPOS.

4.2 CLíNQUER

O CLíNQUER TEM COMO MATéRIAS-PRIMAS O CALCáRIO E A ARGILA, AMBOS OBTIDOS DE JAZIDAS, EM GERAL, SITUADAS NAS PROXIMIDADES DAS FáBRICAS DE CIMENTO. A ROCHA CALCáRIA é PRIMEIRAMENTE BRITADA, DEPOIS MOíDA E EM SEGUIDA MISTURADA, EM PROPORçõES ADEQUADAS, COM ARGILA MOíDA. A MISTURA FORMADA ATRAVESSA UM FORNO GIRATóRIO DE GRANDE DIâMETRO E COMPRIMENTO, CUJA TEMPERATURA INTERNA CHEGA A ALCANçAR 1450ºC. O INTENSO CALOR TRANSFORMA A MISTURA EM UM NOVO MATERIAL, DENOMINADO CLíNQUER, QUE SE APRESENTA SOB A FORMA DE ESFERAS. NA SAíDA DO FORNO O CLíNQUER, AINDA INCANDESCENTE, é BRUSCAMENTE RESFRIADO PARA POSTERIORMENTE SER FINAMENTE MOíDO, TRANSFORMANDO-SE EM Pó (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND, 2002).

4.3 ADIçõES

AS ADIçõES TEM COMO OBJETIVO PRIMáRIO A REDUçãO DO USO DAS MATéRIAS PRIMAS TRADIOCIONAIS QUE CONSTITUEM O CIMENTO PORTLAND, O QUAL é ALCANçADO AO SUBSTITUí-LO PARCIALMENTE POR MATERIAIS CIMENTíCIOS, PREFERENCIALMENTE AQUELES QUE SãO CO-PRODUTOS DOS PROCESSOS INDUSTRIAIS (MEYER, 2005). ASSIM, AS ADIçõES SãO OUTRAS MATéRIAS-PRIMAS QUE, MISTURADAS AO CLíNQUER NA FASE DE MOAGEM, PERMITEM A FABRICAçãO DOS DIVERSOS TIPOS DE CIMENTO PORTLAND HOJE DISPONíVEIS NO MERCADO. ESSAS OUTRAS MATéRIAS-PRIMAS SãO A GIPSITA,

AS ESCóRIAS DE ALTO-FORNO, OS MATERIAIS POZOLâNICOS E OS MATERIAIS CARBONáTICOS(ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND, 2002).

NãO SE PODE ARBITRAR AS DETERMINAçõES DA QUALIDADE E DA QUANTIDADE DAS MATéRIAS-PRIMASQUE VãOCONSTITUIR OS DIVERSOS TIPOS DE CIMENTO PORTLAND.NO PAíS A ASSOCIAçãO BRASILEIRA DE NORMAS TéCNICAS (ABNT)PREPARA EDIVULGA NORMAS TéCNICAS QUE SãO USADAS NO MERCADO COMO PADRãO DE REFERêNCIA.AS NORMAS TéCNICAS DEFINEM NãO SOMENTE AS CARACTERíSTICAS EPROPRIEDADES MíNIMAS QUE OS CIMENTOS PORTLAND DEVEM APRESENTAR COMO,TAMBéM, OS MéTODOS DE ENSAIO EMPREGADOS PARA VERIFICAR SE ESSES CIMENTOSATENDEM àS EXIGêNCIAS DAS RESPECTIVAS NORMAS.

EXISTEM NO BRASIL VáRIOS TIPOS DE CIMENTO PORTLAND, DIFERENTES ENTRE SI,PRINCIPALMENTE EM FUNçãO DE SUA COMPOSIçãO. OS PRINCIPAIS TIPOS OFERECIDOSNO MERCADO, OU SEJA, OS MAIS EMPREGADOS NAS DIVERSAS OBRAS DE CONSTRUçãO CIVIL SãO:

- CIMENTO PORTLAND COMUM;
- CIMENTO PORTLAND COMPOSTO;
- CIMENTO PORTLAND DE ALTO-FORNO;
- CIMENTO PORTLAND POZOLâNICO.

O CIMENTO PORTLAND COMUM, HOJE CORRESPONDENDO AO CP I, FOI O PRIMEIRO CIMENTO PORTLAND LANçADO NO MERCADO BRASILEIRO, NA éPOCACONHECIDO COMOCP. É UM TIPO DE CIMENTO*PORTLAND*SEM QUAISQUER ADIçõES ALéM DO GESSO (UTILIZADO COMORETARDADOR DA PEGA). ELE FOI CONSIDERADO NA MAIORIA DAS APLICAçõESUSUAIS COMO TERMO DE REFERêNCIA PARA COMPARAçãO COM AS CARACTERíSTICAS EPROPRIEDADES DOS TIPOS DE CIMENTO POSTERIORMENTE APARECIDOS. FOI A PARTIR DODOMíNIO CIENTíFICO E TECNOLóGICO SOBRE O CIMENTO PORTLAND COMUM QUE SEPôDE DESENVOLVER OUTROS TIPOS DE CIMENTO, COM O OBJETIVO INICIAL DE ATENDER ACASOS ESPECIAIS. COM O TEMPO VERIFICOU-SE QUE ALGUNS DESSES CIMENTOS,INICIALMENTE IMAGINADOS COMO *ESPECIAIS*, TINHAM DESEMPENHO EQUIVALENTE AODO CIMENTO PORTLAND COMUM ORIGINAL, ATENDENDO PLENAMENTE àS NECESSIDADESDA MAIORIA DAS APLICAçõES USUAIS E APRESENTANDO, EM MUITOS CASOS, INCLUSIVE,ALGUMA VANTAGEM ADICIONAL. A PARTIR DOS

BONS RESULTADOS DESSAS CONQUISTAS EA EXEMPLO DE PAíSES TECNOLOGICAMENTE MAIS AVANçADOS, COMO OS DA UNIãOEUROPéIA, SURGIU NO MERCADO BRASILEIRO EM 1991 UM NOVO TIPO DE CIMENTO, OCIMENTO*PORTLAND*COMPOSTO, CUJA COMPOSIçãO é INTERMEDIáRIA ENTRE OSCIMENTOS PORTLAND COMUNS E OS CIMENTOS PORTLAND COM ADIçõES (ALTO-FORNO EPOZOLâNICO), ESTES úLTIMOS Já DISPONíVEIS Há ALGUMAS DéCADAS (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND, 2002).

O QUADRO 6 APRESENTA A COMPOSIçãO DOS CIMENTOS PORTLAND COMUNS E COMPOSTOS, QUE PODEM CONTER ATé 34% DE ADIçõES DE ESCóRIAS E MATERIAIS POZOLâNICOS.

OS CIMENTOS PORTLAND COMPOSTOS SãO OS MAIS ENCONTRADOSNO MERCADO ATUALMENTE, RESPONDENDO POR APROXIMADAMENTE 75% DA PRODUçãO INDUSTRIALBRASILEIRA; SãO UTILIZADOS NA MAIORIA DAS APLICAçõES USUAIS, EM SUBSTITUIçãO AOANTIGO CP (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND, 2002).

TIPO DE CIMENTO PORTLAND	SIGLA	COMPOSIçãO (% EM MASSA)				NORMA BRASILEIRA
		CLíNQUER + GESSO	ESCóRIA GRANULADA DE ALTO-FORNO (SIGLA E)	MATERIAL POZOLâNICO (SIGLA Z)	MATERIAL CARBONáTICO (SIGLA F)	

COMUM	CP I CP I-S	100 99-95	1-5	NBR 5732

COMPOSTO	CP II-E CP II-Z CP II-F	94-56 94-76 94-90	6-34 - -	6-34 - -	0-10 0-10 6-10	NBR 11578

QUADRO 6: COMPOSIçãO DOS CIMENTOS PORTLAND COMUNS E COMPOSTOS (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND, 2002)

O PROCESSO DE FABRICAçãO DE CIMENTO CONSOME MUITA ENERGIA. APóS UM ESFORçO EM ESCALA MUNDIAL FEITO PELO SETOR, MEDIDAS PARA A DIMINUIçãO DESSE CONSUMO DE ENERGIA FORAM ENCONTRADAS.UMA DAS ALTERNATIVAS DE SUCESSO FOI O AUMENTO DO TEOR DO USODE ESCóRIAS GRANULADAS DE ALTO-FORNO E MATERIAIS POZOLâNICOS NA COMPOSIçãODOS CHAMADOS CIMENTOS PORTLAND DE ALTO-FORNO E POZOLâNICOS, RESPECTIVAMENTE.O QUADRO 7APRESENTA A COMPOSIçãO DESSES TIPOS DE CIMENTO NORMALIZADOS NO BRASIL. NESTE CASO, OS CIMENTOS CP III E CP IV APRESENTAM ATé 70% E 50% DE ADIçõES, RESPECTIVAMENTE.

TIPO DE CIMENTO PORTLAND	SIGLA	COMPOSIçãO (% EM MASSA)				NORMA BRASILEIRA
		CLíNQUER + GESSO	ESCóRIA GRANULADA DE ALTO-FORNO (SIGLA E)	MATERIAL POZOLâNICO (SIGLA Z)	MATERIAL CARBONáTICO (SIGLA F)	

ALTO-FORNO	CP III	65-25	35-70	-	0-5	NBR 5735

POZOLâNICO	CP IV	85-45	-	15-50	0-5	NBR 5736

QUADRO 7: COMPOSIçãO DOS CIMENTOS PORTLAND DE ALTO-FORNO E POZOLâNICOS (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND, 2002).

4.3.1 GESSO

PRESENTE EM TODOS OS TIPOS DE CIMENTO PORTLAND, O GESSO APRESENTA COMO FUNçãO O CONTROLE DO INíCIO DO ENDURECIMENTO DO CLíNQUER MOíDO QUANDO ESTE é MISTURADO COM áGUA. CASO NãO SE ADICIONASSE OGESSO à MOAGEM DO CLíNQUER, O CIMENTO, QUANDO ENTRASSE EM CONTATO COM áGUA, ENDURECERIA QUASE QUE INSTANTANEAMENTE, O QUE INVIABILIZARIA SEU USO NAS OBRAS. A QUANTIDADE ADICIONADA é PEQUENA: EM GERAL, 3% DE GESSO PARA 97% DE CLíNQUER, EM MASSA (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND, 2002).

4.3.2 ESCóRIA DE ALTO-FORNO

A PRODUçãO DO FERRO GUSA NAS INDúSTRIAS SIDERúRGICAS TEM COMO CO-PRODUTO A ESCóRIA DE ALTO-FORNO, QUE SE ASSEMELHA A GRãOS DE AREIA. ANTIGAMENTE, AS ESCóRIAS DE ALTO-FORNO ERAM CONSIDERADAS SEM UTILIDADE, RESíDUOS DA PRODUçãO DO AçO, ATé SER DESCOBERTO QUE ELAS TAMBéM TINHAM CARACTERíSTICAS AGLOMERANTES DE FORMA MUITO SEMELHANTE à DO CLíNQUER. ESSA DESCOBERTA TORNOU POSSíVEL ADICIONAR A ESCóRIA DE ALTO-FORNO à MOAGEM DO CLíNQUER COM GIPSITA, GUARDADAS CERTAS PROPORçõES, E OBTER COMO RESULTADO UM TIPO DE CIMENTO QUE, ALéM DE ATENDER PLENAMENTE AOS USOS MAIS COMUNS, APRESENTA MELHORIA DE ALGUMAS PROPRIEDADES, COMO MAIOR DURABILIDADE E MAIOR RIGIDEZ FINAL.

SEGUNDO FONSECA (2010), A PROPORçãO ENTRE A PRODUçãO DE ESCóRIA E A DO FERRO é DE CERCA DE 0,75 A 1,25 TONELADAS DE ESCóRIA POR 1 TONELADA DE FERRO, QUE VARIA SEGUNDO A RIQUEZA EM FERRO DO MINéRIO.

A NORMALIZAçãO BRASILEIRA DE CIMENTOS COM ADIçãO DE ESCóRIA DE ALTO-FORNO DATA DE 1964, SENDO, ATUALMENTE, PRODUZIDOS OS CIMENTOS CP II E (CIMENTO PORTLAND COMPOSTO COM ADIçãO DE ATé 34%

DE ESCóRIA DE ALTO-FORNO) E CIMENTO CP III (CIMENTO PORTLAND DE ALTO-FORNO COM ADIçãO DE 35 A 70% DE ESCóRIA DE ALTO-FORNO) (SILVA, 2006).

DIFERENTEMENTE DAS POZOLANAS, A ESCóRIA DE ALTO-FORNO FINAMENTE MOíDA TEM PROPRIEDADES AUTO-CIMENTANTES, OU SEJA, NãO NECESSITA DE HIDRóXIDO DE CáLCIO PARA FORMAR PRODUTOS CIMENTANTES COMO O C-S-H. PORéM, QUANDO A ESCóRIA DE ALTO-FORNO HIDRATA-SE POR SI Só, A QUANTIDADE DE PRODUTOS CIMENTANTES GERADOS E AS TAXAS DE FORMAçãO NãO SãO SUFICIENTES PARA A APLICAçãO DO MATERIAL COM FINS ESTRUTURAIS. COMBINADA COM O CIMENTO PORTLAND, A ESCóRIA TEM SUA HIDRATAçãO ACELERADA NA PRESENçA DE HIDRóXIDO DE CáLCIO E GIPSITA (FONSECA, 2010).

OS CONCRETOS COMPOSTOS COM ESCóRIA GRANULADA DE ALTO-FORNO APRESENTAM AS SEGUINTES CARACTERíSTICAS: BOA DURABILIDADE, ALTA RESISTêNCIA A MEIOS SULFATADOS, MENOR CALOR DE HIDRATAçãO E MAIOR GANHO DE RESISTêNCIA MECâNICA A LONGO PRAZO(LITTLE, 1999 *APUD* FONSECA, 2010)

NO BRASIL, QUASE TODA A ESCóRIA DE ALTO-FORNO é VENDIDA PARA A INDúSTRIA DO CIMENTO. ATUALMENTE, DOS 7,5 MILHõES MILHõES TONELADAS DE ESCóRIA DE ALTO-FORNO PRODUZIDAS ANUALMENTE NO BRASIL, APROXIMADAMENTE 5,5 MILHõES SãO INCORPORADAS à INDúSTRIA DO CIMENTO. (SAADE, 2010) A RECICLAGEM DE ESCóRIA DE ALTO-FORNO TEM SIDO OBSERVADA NO BRASIL POR DéCADAS, E TAL PRáTICA SE APRESENTA COMO UMA ALTERNATIVA ATRAENTE PARA OS GASTOSTANGíVEIS E INTANGíVEIS RELACIONADOS à GESTãO AMBIENTAL E RESPONSABILIDADE SOCIAL CORPORATIVA. SUA INSERçãO NO MERCADO ESTá, NO ENTANTO, LIMITADA, RESPECTIVAMENTE, PELO PREçO DE MERCADO DO CLíNQUER E AGREGADOS NATURAIS, ENTRE OUTROS FATORES (OLIVEIRA ESAADE, 2010).

NOS ESTADOS UNIDOS, A INDúSTRIA SIDERúRGICA é APENAS UMA SOMBRA DO QUE ERA APENAS ALGUMAS DéCADAS ATRáS, E COMO RESULTADO, A ESCóRIA COMERCIALIZADA NA COSTA LESTE DOS EUA ESTá SENDO IMPORTADA DA ITáLIA (MEYER, 2005).

EM DIVERSOS PAíSES PRODUTORES COMO CORéIA DO SUL, JAPãO E NO REINO UNIDO, O INCENTIVO à REUTILIZAçãO DA ESCóRIA é MUITO GRANDE,

PRINCIPALMENTE NO QUE TANGE AO SEU USO NA PRODUçãO DO "*SLAG CEMENT*", OU CIMENTO DE ESCóRIA (WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT, 2002_A).

4.3.3 MATERIAIS POZOLâNICOS

OS MATERIAIS POZOLâNICOS SãO ROCHAS VULCâNICAS OU MATéRIAS ORGâNICAS FOSSILIZADAS ENCONTRADAS NA NATUREZA, CERTOS TIPOS DE ARGILAS QUEIMADAS EM ELEVADAS TEMPERATURAS (550 A 900 ºC) E DERIVADOS DA QUEIMA DE CARVãO MINERAL NAS USINAS TERMELéTRICAS, ENTRE OUTROS. OS MATERIAIS POZOLâNICOS QUANDO PULVERIZADOS EM PARTíCULAS MUITO FINAS TAMBéM PASSAM A APRESENTAR A PROPRIEDADE DE LIGANTE HIDRáULICO (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND, 2002).

OS MATERIAIS POZOLâNICOS PODEM SER DIVIDIDOS EM NATURAIS E ARTIFICIAIS. POZOLANAS NATURAIS SãO AQUELAS CUJA ORIGEM é VULCâNICA, GERALMENTE DE CARáTER PETROGRáFICO áCIDO (65% DE SIO_2) OU DE ORIGEMSEDIMENTAR COM ATIVIDADE POZOLâNICA.Já AS POZOLANAS ARTIFICIAIS SãO MATERIAIS RESULTANTES DE PROCESSOS INDUSTRIAIS OU PROVENIENTES DE TRATAMENTO TéRMICO COM ATIVIDADE POZOLâNICA, E PODEM SER DIVIDIDAS EM ARGILAS CALCINADAS, CINZAS VOLANTES E OUTROS MATERIAIS (NETTO, 2006).CINZAS DE CASCA DE ARROZA, SíLICA ATIVA E CINZAS DE TERMOELéTRICAS OU CINZAS VOLANTES SãO ALGUNS EXEMPLOS DE MATERIAIS POZOLâNICOS.

4.3.3.1 CINZAS DE CASCA DE ARROZ

A CINZA DE CASCA DE ARROZ (CCA) é UM CO-PRODUTO DA AGRICULTURA (KUMAR *ET AL*, 2012). É O MATERIAL OBTIDO APóS A COMBUSTãO DA CASCA DE ARROZ, NAS USINAS BENEFICIADORAS DE ARROZ, ONDE A CINZA é QUEIMADA PARA SE GERAR CALOR E VAPOR NOS PROCESSOS DE BENEFICIAMENTO DOS GRãOS. A CASCA DE ARROZ é UMA FONTE DE ENERGIA RENOVáVEL QUETORNOU-SE BASTANTE ATRATIVA COMO SUBSTITUTO DOS COMBUSTíVEIS FóSSEIS EM USINAS GERADORAS DE ENERGIA. ESTIMA-SE QUE CADA TONELADA DE ARROZ EM CASCA PRODUZ CERCA DE 200 KG DE CASCA, O QUE POR COMBUSTãO GERA 40 KG DE CINZAS (FONSECA, 2010).

A CCA é UM MATERIAL ALTAMENTE POZOLâNICO. A CCA MISTURADA COM CONCRETO PODE DIMINUIR O EFEITO DA TEMPERATURA QUE OCORRE DURANTE A HIDRATAçãO DO CIMENTO. MISTURADA COM CONCRETO PODE MELHORAR O DESEMPENHO DO MESMO COMPARADO COM O CIMENTO PORTLAND COMUM. O EMPREGO DA CCA NO CIMENTO E CONCRETO TEM GANHADO CONSIDERáVEL IMPORTâNCIA POR CAUSA DOS REQUISITOS DE SEGURANçA AMBIENTAL E CONSTRUçõES MAIS DURáVEIS NO FUTURO. ELA PODE AUMENTAR TAMBéM O TEMPO DE LIGA INICIAL E FINAL DAS MASSAS DE CIMENTO. ELA TAMBéM DIMINUI A POROSIDADE TOTAL DO CONCRETO E MODIFICA A ESTRUTURA POROSA DO CIMENTO, ARGAMASSA, E CONCRETO, E REDUZ SIGNIFICANTEMENTE A PERMEABILIDADE QUE PERMITE A INFLUêNCIA DE íONS PERIGOSOS QUE DETERIORAM A MATRIZ DE CONCRETO, ENTRE OUTROS BENEFíCIOS. POR ISSO, O USO DA CCA COMO SUBSTITUIçãO PARCIAL DO CIMENTO EM ARGAMASSA E CONCRETO TEM SIDO INVESTIGADO EXTENSIVAMENTE NOS úLTIMOS ANOS (KUMAR *ET AL*, 2012).

4.3.3.2 SíLICA ATIVA

A SíLICA ATIVA, TAMBéM CONHECIDA COMO SíLICA DE FUMO, SíLICA VOLATILIZADA OU MICROSSíLICA é UM CO-PRODUTO DA INDúSTRIA DE SEMICONDUTORES. ÉUM MATERIAL RELATIVAMENTE RECENTE CUJA UTILIZAçãO NA INDúSTRIA DO CONCRETO TEM CRESCIDO MUITO DESDE A DéCADA DE 1980 (MALHOTRA E MEHTA, 1996*APUD*FONSECA, 2010).

A SíLICA ATIVA é UM SUBPRODUTO DA PRODUçãO DO SILíCIO METáLICO (UTILIZADO NA FABRICAçãO DE COMPONENTES ELETRôNICOS, SILICONES E ALUMíNIO), DAS LIGAS DE FERRO-SILíCIO (UTILIZADO NA PRODUçãO DE AçOS COMUNS) E DE OUTRAS LIGAS DE SILíCIO, PRODUZIDOS EM GRANDES FORNOS DE FUSãO (FONSECA, 2010).

NO CONCRETO, A COMBINAçãO DOS EFEITOS FíSICOS E QUíMICOS DA SíLICA ATIVA TEM COMO RESULTADO UMA MUDANçA MICROESTRUTURAL DO CONCRETO, PRINCIPALMENTE NA ZONA DE TRANSIçãO, MELHORANDO A ADERêNCIA PASTA-AGREGADO E PASTA-ARMADURA, A RESISTêNCIA MECâNICA E A DURABILIDADE DO CONCRETO (FONSECA, 2010).

HOJE, A SíLICA ATIVADA ESTá DISPONíVEL NãO APENAS COMO CO-PRODUTO

DA INDúSTRIA DE SEMICONDUTORES, MAS TAMBéM PRODUZIDA ESPECIFICAMENTE PARA A INDúSTRIA DE CONCRETO (MEYER, 2005).

4.3.3.3 CINZAS VOLANTES

O MAIS CONHECIDO E MAIS UTILIZADODENTRE OS ADITIVOS DE CIMENTO PORTLANDSãO AS CINZAS VOLANTES.CINZAS VOLANTES SãO PEQUENAS PARTíCULAS COLETADAS POR EQUIPAMENTOS DE CONTROLE ATMOSFéRICOS DAS USINAS TERMELéTRICAS QUE QUEIMAM CARVãO EM ALTAS TEMPERATURAS PARA PRODUZIR ENERGIA PELO AQUECIMENTO DA áGUA. É O MATERIAL POZOLâNICO MAIS COMUM.

AS CINZAS VOLANTES PODEM SER USADAS NO CONCRETO COMO CORREçãO DA GRANULOMETRIA DO AGREGADO MIúDO, COMO SUBSTITUTO PARCIAL DO CIMENTO OU NAS DUAS FUNçõES SIMULTANEAMENTE. QUANDO ADICIONADA NA FABRICAçãO DE CIMENTOS, A CINZA VOLANTE ESTá PRESENTE NO CIMENTO PORTLAND POZOLâNICO (CP IV) E NO CIMENTO PORTLAND COMPOSTO COM POZOLANA (CP II Z) (FONSECA, 2010).

COMO DEMOSTRADO NA TABELA 1, A TAXA DE UTILIZAçãO VARIA ENORMEMENTE DE PAíS PARA PAíS, DE UM TEOR BAIXO COMO 3,5% NA ÍNDIA ATé TEORES ALTOS COMO 93,7% PARA HONG KONG. O BAIXO TEOR NOS ESTADOS UNIDOS INDICA QUE AINDA Há MUITO ESPAçO PARA MELHORIAS (KUMAR *ET AL*, 2012).

TABELA 1: PRODUçãO E UTILIZAçãO DAS CINZAS VOLANTES (MEYER, 2005)

PAíSES	MILHõES DE TONELADAS PRODUZIDAS	MILHõES DE TONELADAS UTILIZADAS
CHINA	91,1	13,8
DINAMARCA	1,3	0,4
HONG KONG	0,63	0,59
ÍNDIA	57	2
JAPãO	4,7	2,8
RúSSIA	62	4,3
USA	60	8,1

O USO DE CINZAS VOLANTES TRAZ INúMERAS VANTAGENS. É TEORICAMENTE POSSíVEL SUBSTITUIR 100% DO CIMENTO PORTLAND POR CINZAS VOLANTES,

MAS NíVEIS DE SUBSTITUIçãO ACIMA DE 80% GERALMENTE REQUEREM UM ATIVADOR QUíMICO. MEYER (2005) DESCOBRIU QUE O TEOR óTIMO DE SUBSTITUIçãO é DE 30% . ALéM DISSO, AS CINZAS VOLANTES PODEM MELHORAR CERTAS PROPRIEDADES DO CONCRETO, COMO DURABILIDADE. POR GERAR MENOS CALOR DE HIDRATAçãO, ELA SE ADEQUA BEM àS APLICAçõES DE MASSA DE CONCRETO. AS CINZAS VOLANTES TAMBéM SãO AMPLAMENTE DISPONíVEIS NOS ESTADOS UNIDOS, ENCONTRADAS ONDE O CARVãO MINERAL ESTá SENDO QUEIMADO. OUTRA VANTAGEM AINDA é QUE AS CINZAS VOLANTES SãO AINDA MAIS BARATAS DO QUE O CIMENTO PORTLAND(KUMAR *ET AL*, 2012).

ATUALMENTE, A IMPORTâNCIA DO USO DE CINZAS VOLANTES NO CONCRETO NOS ESTADOS UNIDOS CRESCEU TANTO QUE QUASE SE TORNOU UM INGREDIENTE COMUM NO CONCRETO, PARTICULARMENTE POR FAZER CONCRETO COM ALTO DESEMPENHO E RIGIDEZ. A NOVA NORMA INDIANA EM MISTURAS PROPORCIONAIS DE CONCRETO (IS 10262-2009) Já ESTá INCORPORADA COM CINZAS VOLANTES COMO MATERIAL CIMENTíCIO SUPLEMENTAR(KUMAR *ET AL*, 2012).

AS CINZAS VOLANTES TAMBéM POSSUEM ALGUMAS DESVANTAGENS. Há A VASTA VARIABILIDADE DOS SEUS COMPOSTOS QUíMICOS E QUALIDADE, O QUAL é A PRINCIPAL RAZãO PARA AS BAIXAS TAXAS DE UTILIZAçãO. O CIMENTO PODE SER REJEITADO POR UM MOTIVO TRIVIAL COMO A COR.ALéM DISSO, Há UMA TAXA RELATIVAMENTE LENTA DE DESENVOLVIMENTO DE FORçA (MEYER, 2005).

4.3.4 MATERIAIS CARBONáTICOS

OS MATERIAIS CARBONáTICOS SãO ROCHAS MOíDAS, QUE APRESENTAM CARBONATO DE CáLCIO EM SUA CONSTITUIçãO TAIS COMO O PRóPRIO CALCáRIO. TAL ADIçãO SERVE TAMBéM PARA TORNAR OS CONCRETOS E AS ARGAMASSAS MAIS TRABALHáVEIS, PORQUE OS GRãOS OU PARTíCULAS DESSES MATERIAIS MOíDOS TêM DIMENSõES ADEQUADAS PARA SE ALOJAR ENTRE OS GRãOS OU PARTíCULAS DOS DEMAIS COMPONENTES DO CIMENTO, FUNCIONANDO COMO UM VERDADEIRO LUBRIFICANTE. QUANDO PRESENTES NO CIMENTO SãO CONHECIDOS COMO *FíLER CALCáRIO*(ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND, 2002).

A FIGURA 5 EXEMPLIFICA AS ADIçõES FEITAS AO CIMENTO.O GESSO é ADICIONADO AO CLíNQUER E A MISTURA é MOíDA PARA SE OBTER O CIMENTO PURO. DURANTE ESTA FASE, DIFERENTESADIçõES PODEM SER ACRESCENTADAS A MISTURA.

UM NúMERO CONSIDERáVEL DE TRABALHOS FOI RELATADO NA LITERATURA SOBRE COMO SE UTILIZAR RESíDUOS DE PRODUTO DA COMBUSTãO DE PROCESSOS INDUSTRIAIS COMO MATERIAIS CIMENTíCIOS SUPLEMENTARES.

A TABELA 2 SUMARIZA AS CARACTERíSTICAS DOS PRINCIPAIS ADITIVOS UTILIZADOS NO MUNDO, EVIDENCIANDO AS FONTES, CARACTERíSTICAS POSITIVAS, LIMITANTES, NíVEL ESTIMADO DE PRODUçãO ANUAL E A DISPONIBILIDADE.

FIGURA 5: ADIçõES NO CIMENTO (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND, 2009)

TABELA 2: CARACTERíSTICAS DOS PRINCIPAIS SUBSTITUINTES DO CLíNQUER (WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT, INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2009)

SUBSTITUTO DO CLíNQUER	FONTES	CARACTERíSTICAS POSITIVAS	CARACTERíSTICAS LIMITANTES	NíVEL ESTIMADO DE PRODUçãO ANUAL	DISPONIBILIDADE
ESCóRIA DE ALTO FORNO	PRODUçãO DE AçO E FERRO	MELHORA A RESISTêNCIA QUíMICA E AUMENTO DA RESISTêNCIA A LONGO PRAZO	MAIOR DEMANDA DE ELETRICIDADE PARA MOAGEM E DIMINUIçãO DA RESISTêNCIA INICIAL	200 MILHõES DE TONELADAS (2006)	O VOLUME DA PRODUçãO FUTURA DE AçO E FERRO SãO DIFíCEIS DEPREVISãO
CINZAS VOLANTES	GASES DE COMBUSTãO	MENOR DEMANDA DE áGUA, MELHORA DATRABALHABILIDADE, AUMENTO DA RESISTêNCIAA LONGO PRAZO,	DIMINUIçãO DA RESISTêNCIA INICIAL, A DISPONIBILIDADE PODE SER REDUZIDA PELA MUDANçA NAS	500 MILHõES DE TONELADAS (2006)	O NúMERO FUTURO E A CAPACIDADE DE UMA USINA DE CARVãO MINERAL SãO DIFíCEIS DE PREVISãO

		MELHOR DURABILIDADE (DEPENDENDO DA APLICAçãO)	FONTES DE COMBUSTíVEIS PELO SETOR DE ENERGIA		
POZOLANAS NATURAIS (EX.: CINZAS VULCâNICAS), CINZAS DE CASCA DE ARROZ, SILICA ATIVA	VULCõES, ALGUMAS ROCHAS SEDIMENTARES, OUTRAS INDúSTRIAS	CONTRIBUI PARA O DESENVOLVIMENTO DA RIGIDEZ, PODE DEMONSTRAR MELHOR TRABALHABILIDADE, AUMENTO DARESISTêNCIAA LONGO PRAZO E MELHORA DA RESISTêNCIA QUíMICA	A MAIORIA DOS POZOLâNICOS NATURAIS REDUZ A RIGIDEZINICIAL , AS PROPRIEDADES DO CIMENTO PODEM VARIAR SIGNIFICATIVAMENTE	300 MILHõES DE TONELADAS DISPONíVEIS (2003) MAS APENAS 50% é USADA	A DISPONIBILIDADE DEPENDE DA SITUAçãO LOCAL - MUITAS REGIõES NãO FORNECEM USO DA POZOLANA PARA O CIMENTO
POZOLANAS ARTIFICIAIS (EX.: ARGILA CALCINADA)	FáBRICAS ESPECíFICAS	SIMILAR AOS POZOLâNICOS NATURAIS	REQUERIMENTO DE ENERGIA EXTRA EM DECORRêNCIA DA CALCINAçãO	DESCONHECIDO	DISPONIBILIDADE MUITO LIMITADA DEVIDO àS RESTRIçõESECONôMICAS
CALCáRIO	PEDREIRAS	MELHORA DA TRABALHABILIDADE	MANTER A RIGIDEZ EXIGE ENERGIA PARA MOEDURA DO CLíNQUER	DESCONHECIDO	PRONTAMENTE DISPONíVEL

4.3.5LIMITES à APLICAçãO DAS ADIçõES

APESAR DE SOB O PONTO DE VISTA TéCNICO A UTILIZAçãO DE ADITIVOS SER AMPLAMENTE ACEITA, CINCO FATORES NãO TéCNICOS PODEM CRIAR BARREIRAS:

- DISPONIBILIDADE REGIONAL DOS MATERIAIS SUBSTITUINTES DO CLíNQUER;
- AUMENTO DOS PREçOS DOS MATERIAIS SUBSTITUINTES;
- PROPRIEDADES DOS MATERIAIS SUBSTITUINTES E APLICAçãO PRETENDIDA DO CIMENTO;
- NORMAS NACIONAIS PARA CIMENTO PORTLAND COMUM E CIMENTO COMPOSTO;
- A PRáTICA COMUM E ACEITAçãO DOS CIMENTOS COMPOSTOS POR PARTE DAS EMPREITEIRAS E CONSUMIDORES.

Há INCERTEZA SOBRE A DISPONIBILIDADE DE SUBSTITUTOS DE CLíNQUER NO FUTURO, O QUE PODE IMPACTAR ENORMEMENTE NA POLíTICA E REGULAçãO. POR EXEMPLO, COM QUALQUER DESCARBONIZAçãO DO SETOR DE ENERGIA, A DISPONIBILIDADE DE CINZAS VOLANTES PODERIA SER RESTRINGIDA, OU

QUANDO TéCNICAS DE REMOçãO DE óXIDOS DE NITROGêNIO DE GASES SãO APLICADAS NA USINA DE CARVãO, RESULTANDO NA POSSíVEL INUTILIZAçãO DAS ADIçõES COMO SUBSTITUINTES DO CLíNQUERDEVIDO A EXCESSIVA CONCENTRAçãO DE NH_3(AMôNIA) (WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT, 2002).

4.4 ETAPAS DE PRODUçãO

4.4.1 EXTRAçãO DA MATéRIA-PRIMA

A EXTRAçãO DO CALCáRIO -PRINCIPAL MATéRIA-PRIMA PARA A FABRICAçãO DO CIMENTO - PODE OCORRER POR MEIO DE JAZIDAS SUBTERRâNEAS OU A CéU ABERTO, QUE é A SITUAçãO MAIS COMUM NO BRASIL. NESTA ETAPA, UTILIZAM-SE EXPLOSIVOS PARA O DESMONTE DA ROCHA (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND, 2009).

4.4.2 BRITAGEM

O CALCáRIO EXTRAíDO é TRANSPORTADO EM CAMINHõES ATé A INSTALAçãO DA BRITAGEM, ONDE SERá REDUZIDO A DIMENSõES ADEQUADAS AO PROCESSAMENTO INDUSTRIAL (COM DIâMETRO MáXIMO DE 25 MM) (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND, 2009).

4.4.3 DEPóSITO (PRé-HOMOGENEIZAçãO)

CALCáRIO E ARGILA SãO ESTOCADOS SEPARADAMENTE E, PARA CADA MATERIAL, EXISTE UM EQUIPAMENTO ENCARREGADO DE MISTURAR AS CARGAS, A FIM DE ASSEGURAR UMA PRé-HOMOGENEIZAçãO. NESTA FASE, AS MATéRIAS-PRIMAS SãO SUBMETIDAS A DIVERSOS ENSAIOS (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND, 2009).

4.4.4 DOSAGEM

UM COMPOSTO COM CERCA DE 90% DE CALCáRIO E 10% DE ARGILA é DOSADO PARA SER TRITURADO NO MOINHO CRU. ESSA DOSAGEM é EFETUADA COM BASE EM PARâMETROS QUíMICOS PREESTABELECIDOS QUE DEPENDEM DAS CARACTERíSTICAS COMPOSICIONAIS DOS MATERIAIS ESTOCADOS E SãO

CONTROLADOS POR BALANçAS DOSADORAS (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND, 2009).

4.4.5 MOAGEM DA MISTURA CRUA

A FARINHA CRUA FORMADA PELA MISTURA DE CALCáRIO E ARGILA PASSA POR UMA MOAGEM EM MOINHO DE BOLAS, ROLO OU BARRAS, ONDE SE PROCESSA O INíCIO DA MISTURA DAS MATéRIAS-PRIMAS E AO MESMO TEMPO SUA PULVERIZAçãO, DE MODO A REDUZIR O TAMANHO DAS PARTíCULAS A 0,050 MM EM MéDIA (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND, 2009).

4.4.6 SILOS DE HOMOGENEIZAçãO DA MISTURA CRUA

A MISTURA CRUA, DEVIDAMENTE DOSADA E COM A FINURA ADEQUADA, CONHECIDA COMO FARINHA, DEVE TER SUA HOMOGENEIZAçãO ASSEGURADA PARA PERMITIR A COMBINAçãO óTIMA DOS ELEMENTOS FORMADORES DO CLíNQUER. A HOMOGENEIZAçãO é EXECUTADA EM SILOS VERTICAIS DE GRANDE PORTE POR MEIO DE PROCESSOS PNEUMáTICOS E POR GRAVIDADE.

4.4.7 SISTEMA FORNO (PRé-AQUECIMENTO, PRé-CALCINAçãO, SINTERIZAçãO OU CLINQUERIZAçãO E RESFRIAMENTO):

O SISTEMA FORNO COMPREENDE TODAS AS FASES QUE ENVOLVEM O FORNECIMENTO DECALOR PARA A FORMAçãO DO CLíNQUER PELA SINTERIZAçãO DA MATéRIA-PRIMA. A FARINHAé TRANSPORTADA ATRAVéS DE ESTEIRAS ATé A PRIMEIRA PARTE DO SISTEMA FORNO,QUE é O PRé-AQUECIMENTO, NO QUAL A MATéRIA-PRIMA ENTRA NO PRIMEIRO ESTáGIO COM50ºC (TEMPERATURA DEVIDO AO MOINHO ANTERIOR A HOMOGENEIZAçãO), PASSANDO PORQUATRO ESTáGIOS, E SAINDO COM A TEMPERATURA EM TORNO DE 800ºC DEPOIS DE 25 A 30SEGUNDOS. ESTE ETAPA é RESPONSáVEL PELA PERDA DE áGUA LIVRE DA MATéRIA-PRIMA E INíCIODA DESCARBONATAçãO DO CALCáRIO E DESIDRATAçãO DA ARGILA A FONTE DE CALOR ATRAVéS DO ARQUENTE QUE VEM DO FORNO E PRé-CALCINADOR.

NAS FáBRICAS MODERNAS, A SEGUNDA ETAPA DO SISTEMA FORNO é A PRé-CALCINAçãO,QUE TAMBéM é CONSTITUíDA POR CICLONES (ESPéCIES DE SILOS) E POR GRAVIDADE DESLIZAMDOS PRé-AQUECEDORES PARA OS

PRé-CALCINADORES. ENTRAM NO PROCESSO A 800ºC E SAEM A1200ºC QUASE INSTANTANEAMENTE. ELE é ALIMENTADO PELA CIRCULAçãO DE AR QUENTE QUEVEM DO FORNO, E POR UM MAçARICO, CHAMADO MAçARICO SECUNDáRIO, QUE AUMENTA ATEMPERATURA EM NíVEIS ACIMA QUE A ETAPA ANTERIOR. (CARVALHO, 2002)

APóS ESTA ETAPA A FARINHA ENTRA POR GRAVIDADE NO *FORNO* (FIGURA 10) QUE éRESPONSáVEL PELO PROCESSO DE FORMAçãO DO CLíNQUER, QUE ACONTECE EM TORNO DE1450ºC. O FORNO é CONSTITUíDO POR UM CILINDRO DE AçO, COM COMPRIMENTOS QUEVARIAM, NOS SISTEMAS MAIS MODERNOS, DE 50M A 100M, E COM RELAçãOCOMPRIMENTO/DIâMETRO ENTRE 10 E 15, INTERIORMENTE REVESTIDO COM REFRATáRIOS. OCILINDRO GIRA EM TORNO DE SEU EIXO, GERALMENTE INCLINADO EM TORNO DE 3º PARA QUE AFARINHA POSSA CAMINHAR POR ROTAçãO E GRAVIDADE. NO FORNO Há UM MAçARICO PRIMáRIOALIMENTADO ATRAVéS DA QUEIMA DE COMBUSTíVEL (CARVALHO, 2002).

4.4.8 RESFRIAMENTO DO CLíNQUER

NO FINAL DO SISTEMA FORNO Há RESFRIADORES, QUE SãOINTERCAMBIADORES DE CALOR, COM A FINALIDADE DE REDUZIR A TEMPERATURA O MAIS RáPIDOPOSSíVEL PARA IMPEDIR A RECONVERSãO DAS FASES MINERALóGICAS FORMADAS DURANTE ASINTERIZAçãO DO CLíNQUER. OS GASES QUE SAEM DOS RESFRIADORES ATRAVESSAM O FORNO EMSENTIDO CONTRáRIO AO FLUXO DE MATERIAIS. SENDO ASSIM, ALéM DO RESFRIAMENTO DOCLíNQUER PROMOVE TAMBéM O PRé-AQUECIMENTO DA FARINHA. O FLUXO DE AR AO PASSARPELOS CICLONES DOS PRé-AQUECEDORES, CARREGA CONSIGO PARTE DAS PARTíCULAS E GASESENVOLVIDOS NO PROCESSO. UMA PORCENTAGEM DAS PARTíCULAS RETORNAM AO PROCESSOATRAVéS DE PRECIPITAçãO E PARTE DOS GASES TAMBéM VOLTA ATRAVéS DE REAçõES QUíMICAS, PORTANTO SãO INCORPORADOS AO CLíNQUER. O FLUXO CONTINUA NO SENTIDO CONTRáRIO AOSMATERIAIS E TERMINA COM A PASSAGEM POR UM PRECIPITADOR ELETROSTáTICO ONDE ASPARTíCULAS PRESENTES SãO SUBMETIDAS A UMA PRECIPITAçãO FINAL (CARVALHO, 2002).

4.4.9 ADIçõES

JUNTO COM O CLíNQUER, ADIçõES DE 3% A 6% DE GIPSITA (CARVALHO, 2002), CHAMADO GENERICAMENTE DE GESSO, ESCóRIA DE ALTO-FORNO, POZOLANA E O PRóPRIO CALCáRIO COMPõEM OS DIVERSOS TIPO DE CIMENTO PORTLAND. ESSAS ADIçõES SãO ESTOCADAS SEPARADAMENTE ANTES DE ENTRAREM NO MOINHO DE CIMENTO (FIGURA 6)

FIGURA 6: PáTIO DE ESTOCAGEM DE MATéRIA-PRIMA. FONTE: ARQUIVO DOS AUTORES.

4.4.10 MOINHO DE CIMENTO

É NA MOAGEM FINAL QUE O CLíNQUER, ADICIONADO à GIPSITA E A OUTRAS ADIçõES, RESULTA NO CIMENTO PORTLAND, COMO PRODUTO FINAL (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND, 2009).A FIGURA 7 APRESENTA O MOINHO DE CIMENTO.

FIGURA 7: MOINHO DE CIMENTO. FONTE: ARQUIVO DOS AUTORES.

4.4.11 SILOS DE CIMENTO

O CIMENTO RESULTANTE DA MOAGEM DO CLíNQUER E DE OUTRAS ADIçõES é TRANSPORTADO MECâNICA E PNEUMATICAMENTE PARA OS SILOS, ONDE é ESTOCADO. APóS OS ENSAIOS FINAIS DE QUALIDADE, O PRODUTO é ENVIADO PARA EXPEDIçãO (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND, 2009).

4.4.12 EXPEDIçãO

A REMESSA DE CIMENTO AO MERCADOR CONSUMIDOR PODE SER FEITA DE DUAS MANEIRAS: A GRANEL OU EM SACOS DE 50 KG. O ENSACAMENTO é FEITO EM MáQUINAS ESPECIAIS, QUE AUTOMATICAMENTE ENCHEM OS SACOS E OS LIBERAM ASSIM QUE ATINGEM O PESO ESPECIFICADO (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND, 2009).

4.5 IMPACTOS AMBIENTAIS NA INDúSTRIA DO CIMENTO

OS IMPACTOS RELACIONADOS AO PROCESSO PRODUTIVO DO CIMENTOACONTECEM EM TODAS AS SUAS FASES, DESDE A EXTRAçãO DA MATéRIA-PRIMA, PASSANDO PELA PRODUçãO, ATé A DISPOSIçãO FINAL. A INDúSTRIA DO CIMENTO é UMA ATIVIDADE QUE APRESENTA ELEVADO POTENCIAL POLUIDOR. Há FONTES DE POLUIçãO EM TODAS AS ETAPAS DO PROCESSO - MOAGEM E HOMOGENEIZAçãO DAS MATéRIAS-PRIMAS; CLINQUERIZAçãO NO FORNO ROTATIVO E RESFRIAMENTO DO CLíNQUER,

MOAGEM DO CLíNQUER ADIçõES E PRODUçãO DE CIMENTO, ENSACAMENTO E EXPEDIçãO DO PRODUTO; E PONTOS DE TRANSFERêNCIA DE MATERIAIS. OS NíVEIS E AS CARACTERíSTICAS DAS EMISSõES DOS POLUENTES DEPENDEM DAS CARACTERíSTICAS TECNOLóGICAS E OPERACIONAIS DO PROCESSO INDUSTRIAL, EM ESPECIAL, DOS FORNOS ROTATIVOS DE CLíNQUER, DA COMPOSIçãO QUíMICA E MINERALóGICA DAS MATéRIAS-PRIMAS, E DA COMPOSIçãO QUíMICA DOS COMBUSTíVEIS EMPREGADOS; DA MARCHA OPERACIONAL DOS FORNOS DE CLíNQUER, E DA EFICIêNCIA DOS SISTEMAS DE CONTROLE DE EMISSãO DE POLUENTES INSTALADOS (SANTI & SEVÁ FILHO, 2004).

A FIGURA 8 RESUME OS TIPOS DE IMPACTOS GERADOS NOS DECORRER DO PROCESSO PRODUTIVO DO CIMENTO, MOSTRANDO-OS PELOS SEUS ASPECTOS AMBIENTAIS E SOCIAIS. OBSERVA-SE QUE A PRODUçãO DE POEIRA ESTá PRESENTE EM TODAS AS ETAPAS.

AS PLANTAS DE FABRICAçãO DE CIMENTO ESTãO ESTRE AS MAIORES FONTES DE EMISSãO DE POLUENTES ATMOSFéRICOS PERIGOSOS, DOS QUAIS SE DESTACAM AS DIOXINAS E FURANOS; OS METAIS TóXICOS COMO MERCúRIO, CHUMBO, CáDMIO ARSêNIO, ANTIMôNIO E CROMO; OS PRODUTOS DE COMBUSTãO INCOMPLETA E OS áCIDOS HALOGENADOS. OS METAIS PESADOS CONTIDOS NAS MATéRIAS-PRIMAS E COMBUSTíVEIS, MESMO EM CONCENTRAçõES MUITO PEQUENAS, DEVIDO A SUA VOLATILIDADE E AO COMPORTAMENTO FíSICO-QUíMICO DE SEUS COMPOSTOS, PODEM SER EMITIDOS NA FORMA DE PARTICULADO OU DE VAPOR ATRAVéS DAS CHAMINéS DAS FáBRICAS (SANTI & SEVÁ FILHO, 2004).

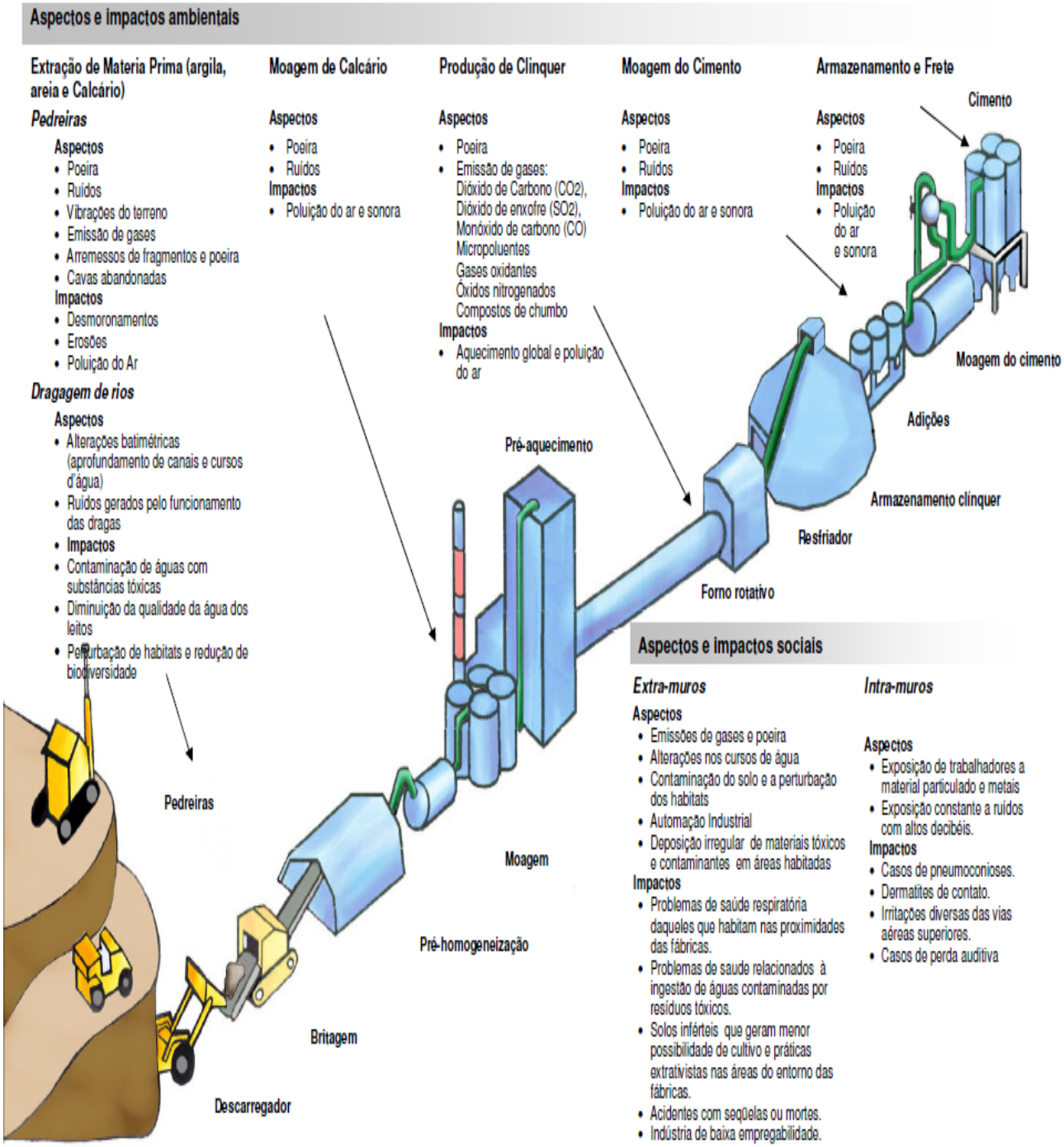

FIGURA 8: ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS DA INDúSTRIA DO CIMENTO (WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT,2002 ADAPTADO POR CARVALHO,2008)

A FIGURA 9 MOSTRA AS ROTAS DE EXPOSIçãO HUMANA AOS MATERIAIS POLUENTES PRODUZIDOS PELA INDúSTRIA DO CIMENTO E SEUS IMPACTOS NO MEIO AMBIENTE.

FIGURA 9: ROTAS DE EXPOSIçaO HUMANA AOS MATERIAIS E POLUENTES PERIGOSOS NA FABRICAçãO DE CIMENTO (SANTI, 2002).

4.6 CONSTRUçãO CIVIL E SUSTENTABILIDADE

COMO DEMONSTRADO ANTERIORMENTE, O SETOR DA CONSTRUçãO CIVIL, EM ESPECIAL DA FABRICAçãO DE CIMENTO, é RESPONSáVEL POR SIGNIFICATIVOS IMPACTOS AMBIENTAIS.

NO BRASIL, AS ATIVIDADES DA CONSTRUçãO E UTILIZAçãO DOS EDIFíCIOS TêM LEVADO AO CONSUMO DE CERCA DE 50% DA ENERGIA ELéTRICA GERADA,

20% DA áGUA TRATADA, 75% DOS RECURSOS NATURAIS EXTRAíDOS DO MEIO AMBIENTE E A PRODUçãO DE 80 MILHõES DE TONELADAS DE RESíDUOS POR ANO(MOVIMENTO TERRAS, 2010).

A TOMADA DE CONSCIêNCIA DESTE QUADRO AMBIENTAL TEM LEVADO PROFISSIONAIS E EMPRESAS LIGADOS à CADEIA CONSTRUTIVA ABUSCAREM MELHORAR A EFICIêNCIA DOS SISTEMAS CONSTRUTIVOS E MATERIAIS UTILIZADOS ADOTANDO MEDIDAS QUE ESTãO DE ACORDO COM O TRIPé DA SUSTENTABILIDADE: ECOLOGICAMENTE RESPONSáVEL, ECONOMICAMENTE VIáVEL E SOCIALMENTE JUSTO. AFIGURA 10REPRESENTA O TRIPé DA SUSTENTABILIDADE.

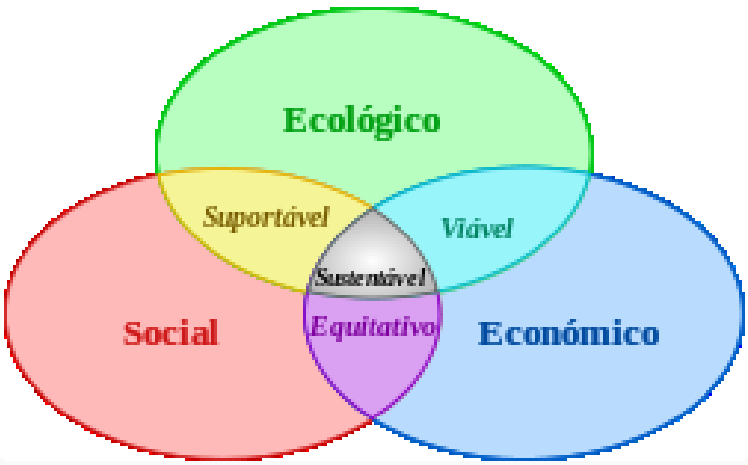

FIGURA 10 :ESQUEMA REPRESENTATIVO COM OS TRêS PILARES DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTáVEL.

TAMBéM é IMPORTANTE SALIENTAR A CRESCENTE BUSCA POR CERTIFICAçõES POR PARTE DE EMPRESAS CONSTRUTORAS.OS SISTEMAS DE CERTIFICAçãO AVALIAM OS PRINCIPAIS INDICADORES QUE DEVEM SER CONSIDERADOS, COMO REDUçãO DE CONSUMO DE áGUA E ENERGIA, DIMINUIçãO DO IMPACTO AMBIENTAL DOS MATERIAIS E SISTEMAS ESPECIFICADOS NO DESENHO URBANO, RACIONALIZAçãO DA EMISSãO DE CARBONO E GERAçãO E RESíDUOS, ENTRE OUTROS.

O QUADRO 8 MOSTRA AS ESTRATéGIAS SUPRACITADOS RELACIONANDO-AS COM OS BENEFíCIOS AMBIENTAIS EQUIVALENTES. DENTRE AS ESTRATéGIAS APRESENTADAS PELO QUADRO 8, TRêS ESTãO DIRETAMENTE RELACIONADAS AO ESCOPO DE ESTUDO DO PRESENTE TRABALHO. SãO ELAS:

- MINIMIZAR O USO DE RECURSOS NãO RENOVáVEIS;
- MINIMIARA PRODUçãO DE RESíDUOS;
- MINIMIZAR A EMISSãO DE POLUENTES.

ESTRATéGIA	BENEFíCIOS AMBIENTAIS
USO DE RECURSOS MAIS EFICIENTE	PRESERVAçãO DE RECURSOS NãO NATURAIS
	CONSUMO SUSTENTáVEL DE RECURSOS RENOVáVEIS
	PRODUçãO DE RESíDUOS REDUZIDA
MINIMIZAR O USO DE RECURSOS NãO RENOVáVEIS	PRESERVAçãO DOS RECURSOS NãO RENOVáVEIS
	EMISSõES DA PRODUçãO DE ENERGIA MINIMIZADAS
MINIMIZAR A EMISSãO DE POLUENTES	QUALIDADE DO AR, áGUA E SOLO MAXIMIZADOS
PROJETAR PARA DESMONTAR	PRESERVAçãO DE ECOSSISTEMAS
	PRESERVAçãO DE RECURSOS NATURAIS
PROJETAR PARA DESMONTAR	VALOR DOS RECURSOS MAXIMIZADO
	PRODUçãO DE RESíDUOS REDUZIDA
MINIMIZAR A PRODUçãO DE RESíDUOS	ATIVIDADES DE TERRAS DE BAIXO VALOR MINIMIZADAS (I.E. ATERROS SANITáRIOS)
	CONTAMINAçãO DE SOLO E áGUA MINIMIZADOS
	VALOR DOS RECURSOS MAXIMIZADOS
PROJETAR PARA SER RECICLáVEL	PRESERVAçãO DE RECURSOS NATURAIS
	PRODUçãO DE RESíDUOS REDUZIDA
	VALOR DOS RECURSOS MAXIMIZADOS
PROJETAR PARA SER DURáVEL	DEMANDA POR MATéRIA- PRIMAS, ENERGIA E áGUA REDUZIDAS
	PRESERVAçãO DE RECURSOS NãO NATURAIS
	PRODUçãO DE RESíDUOS REDUZIDA
PROJETAR PARA SE ADAPTAR A REUTILIZAçãO	PRESERVAçãO DE RECURSOS NATURAIS
	DEMANDA POR MATéRIA- PRIMAS, ENERGIA E áGUA REDUZIDAS
	VALOR DOS RECURSOS MAXIMIZADOS
	PRODUçãO DE RESíDUOS REDUZIDA

QUADRO 8: ESTRATéGIAS PARA MELHORAR O DESEMPENHO AMBIENTAL DO AMBIENTE CONSTRUíDO (CRAWFORD, 2011).

4.6.1 EXEMPLOSE INICIATIVAS

A INICIATIVA PARA A SUSTENTABILIDADE DO CIMENTO (CSI) FOI CRIADA EM 1999 EM CONJUNTO COM O WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT (WBCSD) COM PARTICIPAçãO DEDEZ CIMENTEIRAS DE RELEVâNCIA INTERNACIONAL, DENTRE ELAS, A HOLCIM, LAFARGE, QUE POSSUEM UNIDADES NO BRASIL, E A VOTORANTIM QUE é NACIONAL.DURANTE OS úLTIMOS TRêS ANOS, A INICIATIVA DESENVOLVEU UM IMPORTANTE PROGRAMA DE INVESTIGAçãO E DE CONSULTA DAS PARTES INTERESSADAS

(*STAKEHOLDERS*), QUE CULMINOU COM A PUBLICAçãO, EM MARçO DE 2002, DO RELATóRIO INDEPENDENTE DO *BATELLE MEMORIAL INSTITUTE*, RUMOAUMAINDúSTRIACIMENTEIRASUSTENTáVEL (*TOWARD A SUSTAINABLE CEMENT INDUSTRY*). PARALELAMENTE A ESTE ESTUDO, FORAM DESENVOLVIDOS DIáLOGOS COM AS PARTES INTERESSADAS EMCURITIBA (BRASIL), BANGKOK, LISBOA, CAIRO, WASHINGTON DC, BRUXELAS E PEQUIM. OOBJETIVO DESTAS SESSõES FOI O DE CONHECER AS EXPECTATIVAS DAS PRINCIPAIS PARTES INTERESSADAS EREFLETIR SOBRE AS SUAS IMPLICAçõES NO FUTURO DA INDúSTRIA(WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT, 2002_A).

AS DEZ EMPRESAS ENVOLVIDAS NA INICIATIVA PARA A SUSTENTABILIDADE DO CIMENTO (CSI)DECIDIRAM ELABORAR UM PLANO DE AçãO POR TRêS MOTIVOS(WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT, 2002_A):

- PREPARAR UM FUTURO MAIS SUSTENTáVEL POR MEIO DO USO MAIS EFICIENTE DOS RECURSOS NATURAIS E ENERGIA, BEM COMO DO ENVOLVIMENTO NOS PROBLEMAS LOCAIS DOS MERCADOS EMERGENTES;
- SATISFAZER AS EXPECTATIVAS PARTES INTERESSADAS E MANTER A SUA *LICENçA PARA OPERAR* NAS COMUNIDADES POR TODO O MUNDO, MEDIANTE UMA MAIOR TRANSPARêNCIA NAS OPERAçõES, UM ENVOLVIMENTO EFETIVO COM A SOCIEDADE E AçõES QUE CONDUZAM A MUDANçAS POSITIVAS E SUSTENTáVEIS;
- COMPREENDER E CRIAR NOVAS OPORTUNIDADES DE MERCADO POR MEIO DE PROCESSOS INOVADORES QUE GARANTAM UMA MAIOR EFICIêNCIA DE RECURSOS/ENERGIA E UMA REDUçãO DOS CUSTOS A LONGO PRAZO; POR MEIO DE PRODUTOS E SERVIçOS INOVADORES QUE REDUZAM OS IMPACTOS AMBIENTAIS; POR MEIO DA COOPERAçãO COM OUTRAS EMPRESAS NO SENTIDO DE ENCONTRAR NOVAS UTILIZAçõES PARA SEUSCO-PRODUTOS E PARA OS DESPERDíCIOS NA PRODUçãO DE CIMENTO.

ESSAS EMPRESAS IDENTIFICARAM SEIS áREAS-CHAVE EM QUE A INICIATIVA PARA A SUSTENTABILIDADE DOCIMENTO (CSI) PODERá CONTRIBUIR

SIGNIFICATIVAMENTE PARA UMA SOCIEDADE MAIS SUSTENTáVEL:

- PROTEçãO CLIMáTICA
- COMBUSTíVEIS E MATéRIAS-PRIMAS
- SAúDE E SEGURANçA DOS COLABORADORES
- REDUçãO DE EMISSõES
- IMPACTOS EM NíVEL LOCAL
- PROCESSOS EMPRESARIAIS INTERNOS

ESSAS áREAS FORMAM A BASE DESTE PLANO DE AçãO, QUE ESTABELECERAM O PROGRAMA DE TRABALHODA INICIATIVA PARA A SUSTENTABILIDADE DO CIMENTO (CSI) PARA OS PRóXIMOS CINCO ANOS. ASEXTA áREA DE INTERVENçãO TRATA DE PROCESSOS EMPRESARIAIS INTERNOS QUE INCIDEMTRANSVERSALMENTE NAS OUTRAS CINCO áREAS - SISTEMAS DE GESTãO EFICIENTES, PARTICIPAçãO DAS PARTES INTERESSADAS E ELABORAçãO DE RELATóRIOS.

OS TRABALHOS DESENVOLVIDOS ATé AO MOMENTO TêM INSISTIDO NO FATO DE A INDúSTRIA NãOPODER TRABALHAR DE FORMA ISOLADA SOBRE ESTAS MATéRIAS. UM DOS PRINCíPIOS CENTRAIS DAINICIATIVA PARA A SUSTENTABILIDADE DO CIMENTO (CSI) CONSISTE, POR ESSA RAZãO, EM INCLUIROUTRAS ENTIDADES RELEVANTES EM TODOS OS ASPECTOS DA SUA ATIVIDADE.

CONFORMEDETERMINADO NO PLANO DE AçãO, MUITOS DOS PROJETOS CONJUNTOS ENVOLVERãO OUTROSPARTICIPANTES INTERESSADOS (COMO POR EXEMPLO, ASSOCIAçõES COMERCIAIS, ONGS EREPRESENTANTES GOVERNAMENTAIS) NA ELABORAçãO DE PROTOCOLOS E DE DIRETRIZES APLICáVEIS ATODA A INDúSTRIA (WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT, 2002 $_A$).

A INICIATIVA é UM PROCESSO ABERTO, E OUTRAS EMPRESASCIMENTEIRAS PODEM SE JUNTAR à CSI.EM 2005, O CSI LANçOU O RELATóRIO DE PROGRESSOCOM A PARTICIPAçãO DE 16 INDúSTRIAS, REPRESENTANDO MAIS DE METADE DA PRODUçãO MUNDIAL DE CIMENTO, EXCLUINDO-SE A CHINA. EM 2002, REPRESENTAVA APROXIMADAMENTE UM TERçO.

SEGUNDO WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT(2002 $_A$), ENTRE OS DESTAQUES, E NãO INCLUINDO AçõES DE EMPRESAS INDIVIDUAIS, O CSI:

- PRODUZIU E DEPOIS ATUALIZOU, UM PROTOCOLO PARA CONTABILIZAR E REPORTAR AS EMISSõES DE CO_2 QUE ESTABELECEM UMA ABORDAGEM COMUM PARA MONITORAR E INFORMAR TODAS AS EMISSõES DE CO_2 DIRETAS E INDIRETAS DA FABRICAçãO DO CIMENTO;
- DESENVOLVEU UMA LISTA DE DIRETRIZES EM COMBUSTíVEIS E USO DE MATERIAIS, PROMOVENDO A BOA PRáTICA E ESTABELECEU UMA ABORDAGEM CONSISTENTE ALINHADA COM OS PRINCíPIOS DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTáVEL
- ELABOROU DIRETRIZES DETALHADAS PARA UM PROCESSO DE AVALIAçãO DE IMPACTO AMBIENTAL E SOCIAL PARA HABILITAR EMPRESAS E COMUNIDADES A TRABALHAREM JUNTAS EM TóPICOS DURANTE CADA FASE DE DESENVOLVIMENTO, OPERAçãO E ENCERRAMENTO DA FáBRICA DE CIMENTO.

NO âMBITO NACIONAL, AS AçõES QUE O SETOR VEM IMPLEMENTANDOHá VáRIOS ANOS CONCENTRAM-SE EM TRêS PILARES PRINCIPAIS (SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DO CIMENTO, 2009):

- EFICIêNCIA ENERGéTICA, ATRAVéS DA MODERNIZAçãO DO PARQUE INDUSTRIAL E CONSEQUENTE MENOS CONSUMO DE COMBUSTíVEIS;
- CIMENTOS COM ADIçõES, COMO ESCóRIA SIDERúRGICA, CINZAS DE TERMELéTRICAS E FíLER CALCáRIO, PRáTICA ADOTADA Há MAIS DE 50 ANOS NO PAíS, SEMPRE DE ACORDO COM AS NORMAS DA ABNT, E QUE POSSIBILITA A PRODUçãO DE CIMENTOS COM MENOR EMISSãO DE CO_2
- COMBUSTíVEIS ALTERNATIVOS, ATRAVéS DO COPROCESSAMENTO DE RESíDUOS COM MENOR FATOR DE EMISSãO QUE COMBUSTíVEIS TRADICIONAIS E UTILIZAçàO DA BIOMASSA.

DE ACORDO COM SNIC (2009), EM 1990, A EMISSãO ESPECíFICA DE CO_2 POR TONELADA PRODUZIDA DE CIMENTO BRASILEIRO CORRESPONDEU A 428KG DE CO_2/TON DE CIMENTO. Já EM 2005, ESTE NúMERO REDUZIU-SE A 371KG DE CO_2/TON DE CIMENTO, CORRESPONDENDO A UMA REDUçãO DE 14% EM

COMPARAçãO AO ANO DE 1990. ESSA REDUçãO PODE SER VERIFICADA NO GRáFICO 1.

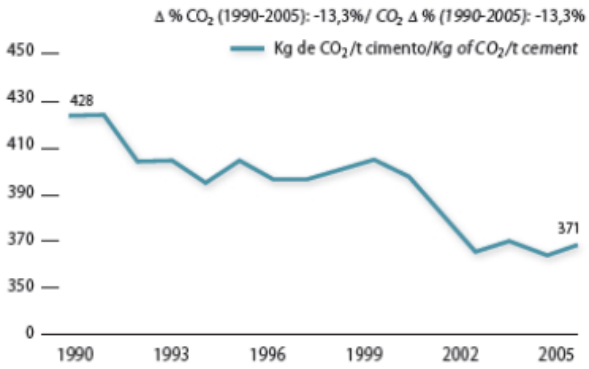

GRáFICO 1: EMISSõES ESPECíFICAS DE CO_2 POR CIMENTO (SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DO CIMENTO, 2009)

4.6.2 ACV NA CONSTRUçãO CIVIL

ALGUNS IMPORTANTES CENTROS DE REFERêNCIA NOS ESTUDOS DE ACV NO MUNDO APLICADOS NA CONSTRUçãO CIVIL ESTãO SEDIADOS NA ALEMANHA, SUéCIA E REINO UNIDO NA EUROPA, ESTADOS UNIDOS E CANADá NA AMéRICA DO NORTE E JAPãO E CHINA NA ÁSIA (SILVA *ET AL,* 2010).

OS ESTUDOS DE ACV, NO ENTANTO, PARA ATINGIREM UM RESULTADO DE MAIOR CONFIABILIDADE PRECISAM SER REALIZADOS COM UMA BASE DE DADOS (INVENTáRIO) DO MESMO PAíS DE ORIGEM QUE A PESQUISA EFETUADA, PARA GARANTIR, POR EXEMPLO QUE ASPECTOS PARTICULARES COMO A MATRIZ ENERGéTICA DE PAíS SEJAM RESPEITADOS. INVENTáRIOS DE OUTROS PAíSES PODEM ALTERAR SIGNIFICATIVAMENTE OS RESULTADOS.

JOSA *ET AL* (2007), POR EXEMPLO, FIZERAM UM ESTUDO ONDE COMPARATIVO DA ANáLISE DE IMPACTO DO CICLO DE VIDA (LCIA - *LIFE CYCLE IMPACT ASSESSMENT*) DE INVENTáRIOS DE CIMENTOS DISPONíVEIS NA EUROPA. AS CATEGORIAS DE IMPACTO DA FABRICAçãO DO CIMENTO QUE FORAM AVALIADAS NO ESTUDO SãO EFEITO ESTUFA, ACIDIFICAçãO E EUTROFIZAçãO. OS RESULTADOS EVIDENCIARAM ALGUMAS INCONSISTêNCIAS EM INVENTáRIOS EXISTENTES, DEVIDO A ERROS NAS INTERVENçõES AMBIENTAIS OU NA MANEIRA QUE OS INVENTáRIOS DEFINIRAM AS FRONTEIRAS DO SISTEMA.

NO BRASIL, EXISTEM ALGUNS ESTUDOS NO RAMO DA CONSTRUçãO CIVIL UTILIZANDO A METODOLOGIA DA ACV, DENTRE ELES DESTACA-SE O TRABALHO DE SILVA (2005) VISANDOINTENSIFICAR A UTILIZAçãO DE CO-PRODUTOS SIDERúRGICOS NA CONSTRUçãO CIVIL COMO ESTRATéGIA AMBIENTAL, ANALISANDO, COMPARATIVAMENTE, OS PROCESSOS DE PRODUçãO DE TIJOLOS CERâMICOS MACIçOS, TIJOLOS PRENSADOS DE SOLO-CIMENTO E TIJOLOS PRENSADOS DE ESCóRIA DE ALTO-FORNO, ATRAVéS DA CONDUçãO DE ACVS SIMPLIFICADAS.

APESAR DE NESTE ESTáGIO AINDA NãO SER REPRESENTATIVA DAS PRáTICAS EM TODO O TERRITóRIO NACIONAL, A PESQUISA CONTRIBUI DE FORMA IMPORTANTE PARA O VENCIMENTO DA INéRCIA INICIAL PARA A ELABORAçãO DE UMA BASE DE DADOS AMBIENTAIS (INVENTáRIO) DE MATERIAIS DE CONSTRUçãO MAIS PRóXIMA DA REALIDADE BRASILEIRA.

4.7 CIMENTEIRAS NO BRASIL

O MERCADO CIMENTEIRO NO BRASIL é COMPOSTO POR 14 GRUPOS CIMENTEIROS COM 71 FáBRICAS ESPALHADAS POR TODAS AS REGIõES BRASILEIRAS (SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DO CIMENTO, 2012) (FIGURA 11).

FIGURA 11: FáBRICAS DE CIMENTO NO BRASIL (SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DO CIMENTO, 2012).

5 ABORDAGEM METODOLÓGICA

O TRABALHO PROPOSTO ABORDA BASICAMENTE TRêS GRANDES ETAPAS QUE PODEM SER SUMARIZADAS COMO:

5.1 ETAPA 1: COLETA DE MATERIAL

COLETA DE ARTIGOS CIENTíFICOS, CAPíTULOS DE LIVROS, DOCUMENTOS TéCNICOS, RELATóRIOS DE ESTUDO, TESES E DISSERTAçõES ABRANGENDO A TEMáTICA DO PROJETO PARA ESTUDO APROFUNDADO. CONSISTE NA CONSULTA A FONTES DE RELEVâNCIA NACIONAL E INTERNACIONAL, TAIS COMO:

- BANCO DE DISSERTAçõES E TESES DAS PRINCIPAIS UNIVERSIDADES DO PAíS BDTD (BIBLIOTECA DIGITAL BRASILEIRA DE TESES E DISSERTAçõES)
- CURRICULUM LATTES DOS PRINCIPAIS PROFISSIONAIS QUE PUBLICAM SOBRE AACV NO BRASIL;
- BIBLIOTECAS DIGITAIS INTERNACIONAIS TAIS COMO: *SCIENCE DIRECT*, *TECNIQUES D 'INGéNIEUR*, ASCE (*AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS*);
- ORGANIZAçõES NACIONAIS COMO: ABCP (ASSOCIAçãO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND), SNIC (SINDICATO NACIONAL DA INDúSTRIA DO CIMENTO);
- ORGANIZAçõES INTERNACIONAIS: LCI (*LIFE CYCLE INITIATIVE*), CSI (*CEMENT SUSTAINABILITY INITIATIVE*), CEMBUREAU (ASSOCIAçãO EUROPéIA DA INDúSTRIA DE CIMENTO).

5.2 ETAPA 2: COMPILAçãO DA REVISãO BIBLIOGRáFICA

- ESTRUTURAçãO DA REVISãO BILIOGRáFICA: *A)*INICIATIVAS E MEDIDAS SUSTENTáVEIS NA INDúSTRIA DO CIMENTO, *B)*APLICAçãO DA METODOLOGIA DA ACV NA INDúSTRIA DO CIMENTO; PRINCIPAIS PLATAFORMAS E BASE DE DADOS PARA O ESTUDO DE ACV EM CIMENTO C*)*IDENTIFICAçãO DE FATORES QUE INFLUENCIAM ACONFIABILIDADE DOS

ESTUDOS DE ACV NO CIMENTO *D)* IDENTIFICAçãO DE ESTUDOS DE ACV NO BRASIL E NO MUNDO APLICADOS NA PRODUçãO DE CIMENTO

5.3 ETAPA 3: ELABORAçãO DO QUESTIONáRIO

- ELABORAçãO DE QUESTIONáRIO PARA AUXILIAR AS INDúSTRIAS CIMENTEIRAS NA COLETA DE DADOS NECESSáRIA PARA ELABORAçãO DE ACV DA PRODUçãO DO CIMENTO.

6 ACV APLICADO AO CIMENTO

6.1 O USO DA ACV NO CIMENTO

A ABORDAGEM DOS SISTEMAS QUE A ACV OFERECE PERMITE QUE TOMADORES DE DECISãO VEJAM OPçõES EM UM CONTEXTO SIGNIFICATIVO. ISTO PERMITE QUE RECURSOS ECONôMICOS E OUTROS TIPOS DE RECURSOS SEJAM APLICADOS ONDE OS MAIORES BENEFíCIOS PODEM SER OBTIDOS.OS RESULTADOS DA ACV FORNECEM INFORMAçõES QUE AJUDAM A IDENTIFICAR PROCESSOS IMPORTANTES OU ATIVIDADES ALéM DO SISTEMA, E AJUDA A DETERMINAR AS MELHORES OPçõES SOBRE UMA PERSPECTIVA ECO-EFICIENTE.

O CRESCIMENTO DE INTERESSE PELA SOCIEDADE NA AVALIAçãO DAS APLICAçõES DE CIMENTO é DE GRANDE RELEVâNCIA PARA A ACV NA INDúSTRIA. A INDúSTRIA DO CIMENTO DEVERIA ESTAR USANDO A ACV POR QUE OS CONSUMIDORES ESTãO APLICANDO A FERRAMENTA NAS SUAS DECISõES. AACV ESTá EVIDENTE NAS ATIVIDADES, PROGRAMAS E POLíTICAS DE AGêNCIAS DE GOVERNO, USUáRIOS FINAIS DOS EDIFíCIOS E OUTRAS INFRA-ESTRUTURAS.(WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT, 2002_B)

A INDúSTRIA DO CIMENTO NãO ESTá COMPLETAMENTE FAMILIARIZADA COM A ACV. DURANTE A DéCADA DE 90, FERRAMENTAS FORAM DISTRIBUíDAS E USADAS COM UM FIM ESPECíFICO - PRINCIPALMENTE EM RESPOSTA AO CONSUMIDOR E PEDIDOS DO MERCADO POR INFORMAçõES DE ACV. QUANDOCOMPARADA COM OUTROS SETORES, NO ENTANTO, AO INCLUIR MATERIAIS ALTERNATIVOS AO CONCRETO COMO AçO E MADEIRA, A INDúSTRIA DO CIMENTO TEM DESACELERADO EM ADOTAR A ACV E EM DESENVOLVER

RESPOSTAS DE ACORDO COM AS EXPECTATIVAS DA SOCIEDADE. (WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT, 2002_B).

Há UMA CLARA UTILIDADE PARA A ACV NO CONTEXTO DAS APLICAçõES DE CIMENTO COMO PRODUTOS DE CONCRETO E ESTRUTURAS DE PRéDIOS. NO ENTANTO, EXPERIêNCIA E PRáTICA APRESENTAM UMA RELEVâNCIA MAIS AMPLA DA ACV PARA A INDúSTRIA. O SUBCAPíTULO6.4APRESENTA DIVERSOS ESTUDOS RELACIONADOS à ACVAPLICADA AO CIMENTO.

6.2 FERRAMENTAS PARA ACV

DENTRE AS MAIS DE 30 FERRAMENTAS DISPONíVEIS PARA SE FAZER UMA ACV, ALGUMAS SãO MAIS APLICáVEIS DO QUE OUTRAS PARA USO DA INDúSTRIA DO CIMENTO.

AS FERRAMENTAS MAIS úTEIS PARA A INDúSTRIA DO CIMENTO E CIMENTEIRAS INDIVIDUAIS SãO AQUELAS QUE CONTéM PRONTAMENTE DISPONíVEL UMA BASE DE DADOS DE ALTA QUALIDADE EM CONFORMIDADE COM A SéRIE DE NORMAS DE ACV ISO 14040 E PODE SER UTILIZADA PARA CUMPRIR A METODOLOGIA COMPLETA DE ACV, DA DEFINIçãO DO ESCOPO E OBJETIVO ATé A ANALISE DE IMPACTOS DO CICLO DE VIDA (LCIA) E INTERPRETAçãO FINAL. ESSAS FERRAMENTAS PODEM SER CONFERIDAS NA TABELA 3:

TABELA 3: ANáLISE DE FERRAMENTAS DE ACV APROPRIADAS PARA A INDúSTRIA DO CIMENTO(WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT, 2002_B)

NOME	VENDEDOR	FERRAMENTA	BASE DE DADOS	ISO	DQA	IMPACTOS	ESTATíSTICA
GABI	IKP UNI. STUTTGART/PE, ALEMANHA	X	X	X	X	X	X
LCAIT	CHAL,ERS IND. (CIT), SUéCIA	X	X	X		X	
NIRE LCA	NIRE, JAPãO	X	X				
SIMAPRO	PRE, HOLANDA	X	X	X		X	X
TEAM	ECOBILAN/ECOBALANCE/PRICEWATERHOUSE COOPERS, EUROPA/EUA	X	X	X	X	X	X

LEGENDA:
ISO - APOIA ATIVAMENTE OS ESTUDOS EM CONFORMIDADE COM A NORMA ISO 14040 EM ACV
DQA - INCLUI INDICADORES DA AVALIAçãO QUALIDADE DE DADOS
IMPACTOS - INCLUI CARACTERíSTICAS PARA A AVALIAçãO DE IMPACTOS DO CICLO DE VIDA (LCIA)
ESTATíSTICA - INCLUI CARACTERíSTICAS PARA ANáLISE ESTATíSTICA

6.3BASE DE DADOS

AS BASES DE DADOS SãO FUNDAMENTAIS PARA A QUALIDADE DO ESTUDO E ECONOMIA DE TEMPO EM ESTUDOS DE ACV. AS BASES DE DADOS DE ACVTIPICAMENTE INCLUEM UMA SEçãO DE DADOS DE ENERGIA, MATERIAIS E PROCESSOS QUE, JUNTOS, FORNECEM UMA BASE APROPRIADA DEACV EM UMA DIVERSIDADE DE INDúSTRIAS.

OS DADOS GERALMENTE SãO MéDIAS DAS INFORMAçõES DAS INDúSTRIAS, PUBLICADAS PELA ASSOCIAçãO, COM ALGUNS INDICADORES DA VARIABILIDADE E REPRESENTATIVIDADE; EMBORA ALGUMAS VEZES OS DADOS SEJAM FORNECIDOS ESPECIFICAMENTE DE UM LOCAL OU EMPRESA. BASE DE DADOS INDEPENDENTES, OS QUAIS INCLUEM CONSULTORES, ACADêMICOS E DADOS GERADOS PELOS GOVERNOS, SãO MAIS PROVáVEIS DE SE CONTER DADOS DE VáRIAS FONTES E DAR UMA VISãO MAIS COMPLETA DE UMA INDúSTRIA.

UM TIPO PARTICULAR DE ESTUDO DE ACV é O DESENVOLVIMENTO DE DADOS DE MATERIAIS BáSICOS POR UMA INDúSTRIA. MUITOS GRUPOS REGIONAIS DE CIMENTO Já COMPLETARAM A PRIMEIRA GERAçãO DE CONJUNTO DE DADOS DO INVENTáRIO DE CICLO DE VIDA (LCI). O NíVEL DE ESFORçO NECESSáRIO PARA ESTABELECERUM CONJUNTO DE DADOS DE MATERIAIS BáSICOS é SUBSTANCIAL: EXIGE-SE A ORDEM DE UM ANO DE UM OU MAIS PROFISSIONAIS A TEMPO INTEGRAL MAIS AUXíLIO DE PESSOAL DE MúLTIPLAS INSTALAçõES E GERENTES CORPORATIVOS. ESTE TIPO DE INICIATIVA DEMANDA O MAIS ALTO GRAU DE RIGOR ANALíTICO E REVISãO CRíTICA, PARA GARANTIR A CONSISTêNCIA DOS PADRõES, TRANSPARêNCIA E CREDIBILIDADE DOS DADOS (WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT, 2002_B).

ALéM DISSO, é DESEJáVEL QUE SE GARANTAM MEIOS DE ATUALIZAR OS DADOS A MEDIDA QUE A TECNOLOGIA E AS PRáTICAS EVOLUEM, E AINDA QUANDO MAIS INFORMAçõES SE TORNAM DISPONíVEIS. POR úLTIMO, PARA SE ALCANçAR RESULTADOS, é IMPORTANTE QUE SE TENHA UMA ESTRATéGICA DE COMUNICAçãO PARA OS DADOS, PARA PUBLICAR AS INFORMAçõES COM CLAREZA E QUE SEJAM SIGNIFICATIVAS, E PERMITIR MEIOS DE SE MONITORAR E APOIAR SEU USO APROPRIADO (WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT, 2002_B).

A INDúSTRIA DEVERIA COMPILAR OS DADOS DE ACV NO CIMENTOE TORNá-LOS DISPONíVEIS PARA OS CONSUMIDORES E AS PARTES INTERESSADAS.É DESAFIADOR POR CAUSA DA MAGNITUDE DO ESFORçO EM SE COLETAR DADOS DE VáRIOS LUGARES, ASSEGURANDO A CONSISTêNCIA DO MéTODO, PUBLICANDO INFORMAçõES CLARAS E SIGNIFICANTES, E REALIZANDO ATUALIZAçõES SISTEMáTICAS PARA GARANTIR A ATUALIDADE DAS INFORMAçõES. ALéM DISSO, OS PERFIS DE ACV DOS PRODUTOS DE CIMENTO E SUAS APLICAçõES DEVERIAM SER DESENVOLVIDOS; O SETOR PRECISA ESTAR PREPARADO PARA PARTICIPAR DE INICIATIVAS E FORNECER PERFIS DE ACV E DADOS PARA OS TOMADORES DE DECISãO (ARQUITETOS, ENGENHEIROS,COMPRADORES DO GOVERNO). A EXPERIêNCIA DA INDúSTRIA DO CIMENTO TEM MOSTRADO QUE AACV é VALIOSA CASO A CASO EM áREAS TAIS COMO *BENCHMARKING*, MELHORIAS DE DESEMPENHO, MEDIçãO DE GASES DE EFEITO ESTUFA E AVALIAçãO DE FONTES ALTERNATIVAS DE COMBUSTíVEL. SOB ESSA VISãO, AS EMPRESAS TERIAM DADOS ATUAIS DE ACV EM CADA UMA DE SUAS INSTALAçõES, SERIAM CAPAZES DE COMPARAR DADOS DE CADA UMA DELAS E COMPARAR-SE COM AS MELHORES PRáTICAS INDUSTRIAIS.

CONSIDERáVEL ESFORçO NA COMUNIDADE DE ACV ESTá A CAMINHO DA áREA DE TROCA DE DADOS: PREVê-SE QUE EM BREVE, HAVERá PADRõES VIáVEIS PERMITINDO AOS UTILIZADORES TRANSFERIR DADOS EFETIVAMENTE DE UMA PLATAFORMA PARA OUTRA, PERMITINDO ASSIM UM USO MAIS FLUIDO DOS DADOS DE ACV UNIVERSALMENTE.(WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT, 2002_B)

A TABELA 4 APRESENTA ALGUMAS BASES DE DADOS ATUALMENTE DISPONíVEIS PARA USO E APLICAçãO NA INDúSTRIA DO CIMENTO.

TABELA 4: BASE DE DADOS RELEVANTES (WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT, 2002_B)

BASE DE DADOS RELEVANTE			
NOME	VENDEDOR	COMENTáRIOS	USO
IVAM LCA-DATA 3.0	IVAM PESQUISA AMBIENTAL	BASE DE DADOS CONSISTENTE	PAíSES NóRDICOS
ATHENA	INSTITUTO ATHENA, CANADá	UTILIZADA SOZINHA OU COM *SOFTWARE ATHENA* LISTADA NO ANEXO. ATUALMENTE BASEADA COM DADOS CANADENSE - PROCURANDO COLABORAçãO COM	CANADá

		PROJETOS PúBLICOS DE BASE DE DADOS BRE E COM US NREL	
JEMAI	ASSOCIAçãO DE GESTãO AMBIENTAL PARA A INDúSTRIA DO JAPãO		JAPãO
BEES	INSTITUTO NACIONAL DE NORMAS E TECNOLOGIA, US EPA		AMéRICA DO NORTE
BRE	BRE & DETR, REINO UNIDO	A BASE DE DADOS DO INVENTáRIO DO CICLO DE VIDA (LCI) DAS INDúSTRIAS DO REINO UNIDO, USOU O BRE PARA MUITAS FERRAMENTAS DIFERENTES DE ACV. TAMBéM CONTéM DADOS DO IVAM, SIMAPRO, BUWAL, E SBI - INSTITUTO DINAMARQUêS DE EDIFíCIOS	REINO UNIDO

A PARTIR DA LISTA DE *SOFTWARES* DA TABELA 4 E TABELA 3, PROCUROU-SE DESCOBRIR QUAIS DELESTêM INCLUíDOS BASE DE DADOS BRASILEIRA, EM ESPECIAL SOBRE O CIMENTO FABRICADO NO BRASIL. O RESULTADO é APRESENTADO NO QUADRO 9.

SOFTWARE	**BASE DE DADOS**	**BASE DE DADOS BRASILEIRA**	**BASE DE DADOS SOBRE O CIMENTO DO BRASIL**
GABI	ECOINVENT V.2	**SIM**- MATRIZ ENERGéTICA (PE INTERNATIONAL)	NãO
	US LCI	**NãO** (PE INTERNATIONAL)	NãO
	EUROPEAN LCD	**NãO** (EUROPEAN COMISSION)	NãO
	PROFISSIONAL (FONTES DA INDúSTRIA, CONHECIMENTO CIENTíFICO, LITRATURA TéCNICA E INFORMAçõES DE PATENTES INTERNAS) - BASE DE DADOS DO GABI	**SIM**- CERA/PARAFINA, MATRIZ ENERGéTICA, ENXOFRE - NA REFINARIA, PROPILENO - NA REFINARIA, QUEROSENE, GASOLINA, ETC. (PE INTERNATIONAL)	NãO
	BASE DE DADOS DE EXTENSãO - BASE DE DADOS DO GABI	**SIM** - MATRIZ ENERGéTICA, FOLHAS DE SISAL (PE INTERNATIONAL)	NãO
NIRE LCA2	NIRE LCA2	**NãO** (WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE	NãO

		DEVELOPMENT, 2002)	
LCAIT 4.0	LCAIT 4.0	**NãO** (WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT, 2002)	NãO
SIMAPRO 7	ECOINVENT V.2	**SIM** - MATRIZ ENERGéTICA(PE INTERNATIONAL)	NãO
	US LCI	**NãO** (PE INTERNATIONAL)	NãO
	EUROPEAN LCD	**NãO** (EUROPEAN COMISSION)	NãO
	US INPUT OUTPUT	**NãO** (PRODUCT ECOLOGY CONSULTANTS)	NãO
	EU AND DANISH INPUT OUTPUT	**NãO** (PRODUCT ECOLOGY CONSULTANTS)	NãO
	DUTSCH INPUT OUTPUT	**NãO** (PRODUCT ECOLOGY CONSULTANTS)	NãO
	LCA FOOD	**NãO** (LCANZ, 2012)	NãO
	INDUSTRY DATA V.2	-	-
TEAM 4.0	TEAM	-	-
IVAM LCA-DATA 4.0	IVAM LCA-DATA 4.0	**NãO** (AUSLCI, 2011)	NãO
ATHENA	ATHENA	**NãO** (ATHENA SUSTAINABLE MATERIAL INSTITUTE, 2012)	NãO
JEMAI	JEMAI	**NãO** (JEMAI, 2003)	NãO
BEES	BEES	**NãO** (THE NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY - NIST, 2011)	NãO
BRE	BRE	**NãO** (BUILDING RESEARCH ESTABLISHMENT LTD)	NãO

QUADRO 9: BASES DE DADOS MAIS RELEVANTES PARA A INDúSTRIA CIMENTEIRA

NãO SE ENCONTROU A ORIGEM DAS BASES DE DADOS DOS *SOFTWARES* TEAM 4.0 NO SITE OFICIAL (HTTPS://ECOBILAN.PWC.FR/UK_TEAM.PHP). APENAS FOI CITADO QUE A BASE DE DADOS é (WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT, 2002) TAMPOUCO FOI ENCONTRADA A ORIGEM DAS BASES DE DADOS DO *INDUSTRY DATA V.2* NO SITE DO SIMAPRO (WWW.SIMAPRO.COM).TAMBéM NãO SE ENCONTROU EM: SWEDISH INDUSTRIAL RESEARCH INSTITUTES 'INITIATIVE (2000), QUE é UMA PESQUISA DOS SOFTWARES DE LC.

6.3.1 FATORES QUE INFLUENCIAM A CONFIABILIDADE DAS BASES DE DADOS

EM UM CONTEXTO GLOBALIZADO, O CICLO DE VIDA DE UM SISTEMA PODE ENVOLVER VáRIOS PROCESSOS OCORRENDO EM VáRIOS PAíSES E ASSIM DADOS DE DIFERENTES REGIõES SãO NECESSáRIOS PARA SE MODELAR APENAS UM SISTEMA. EM NíVEL LOCAL, O PERFIL AMBIENTAL DE PRODUTOS NACIONAIS E BENS IMPORTADOS TAMBéM PODEM SER ANALISADOS. EM

QUALQUER CASO, TANTO EM NíVEL GLOBAL QUANTO LOCAL, DADOS ESPECíFICOS DE CADA PAíS SãO NECESSáRIOS. E ENTãO SURGE A PRIMEIRA BARREIRA. CERTAMENTE ATIVIDADES GLOBAIS E ESFORçOS A RESPEITO DO INVENTáRIO DO CICLO DE VIDA TEM SIDO FEITOS, MAS AINDA ASSIM A DISPONIBILIDADE DE BASES DE DADOS NO MUNDO PODEM SER VISTAS COMO UMA REALIDADE A LONGO PRAZO (COLODEL, 2008).

ENQUANTO ESSA SITUAçãO PREVALESCE, PRATICANTES DE ACV DE ALGUNS PAíSES ENCARAM O PROBLEMA DE SE FAZER UM ESTUDO DE ACV, USANDO DADOS DE OUTRO PAíS PARA PREENCHIMENTO DE DADOS NãO DISPONíVEIS NO PAíS DE ORIGEM OU, PIOR, USANDO INTEGRALMENTE A BASE DE DADOS DE OUTRO PAíS POR NãO TER NENHUM DADO NACIONAL. COMO CONSEQUêNCIA, A SIMPLES TRANSFERêNCIA DE DADOS DO INVENTáRIO DO CICLO DE VIDA LEVARá POSSOVELMENTE A RESULTADOS E CONCLUSõES ERRADAS (COLODEL, 2008).

ATUALMENTE NãO Há NENHUM PROCEDIMENTO ESTABELECIDO PARA SERVIR DE DIRETRIZ PARA PERMITIR O DESEMPENHO DA ACV PARA ESSES PAíSES COM POUCO OU NENHUM DADO (COLODEL, 2008).

PRIMEIRAMENTE, OS PROCESSOS DEVEM SER ANALISADOS CUIDADOSAMENTE. AO SE LIDAR COM DIFERENTES PAíSES, MESMO SE O MESMO PROCESSO PRODUTIVO é APLICADO, A QUANTIDADE DE FLUXO PODE VARIAR MUITO E CONSEQUENTEMENTE OS PROCESSOS PODEM APRESENTAR DIFERENTES IMPACTOS AMBIENTAIS.

FLUXOS DE MATERIAIS E ENERGIA SãO OS FLUXOS DE ENTRADA. EM TERMOS DE MATERIAL, EMBORA O PRODUTO FINAL SEJA O MESMO EM DIFERENTES PAíSES, A QUALIDADE DA MATéRIA-PRIMA PODE DIFERIR DE PAíS PARA PAíS. DEPENDENDO DAS SUAS PROPRIEDADES E CONTAMINAçãO, A QUANTIDADE IRá VARIAR SIGNIFICATIVAMENTE ASSIM COMO A NECESSIDADE DE ENERGIA PODE SER INFLUENCIADA. O CONSUMO DE ENERGIA, TANTO COMO ENERGIA TéRMICA OU ELéTRICA, NO PROCESSO SãO CAUSADAS PRINCIPALMENTEPELO USO DE PROCESSOS MECâNICOS, BOMBAS, ASSIM COMO UNIDADES DE OPERAçãO PARA REAçõES QUíMICAS, SEPARAçãO DE PRODUTOS OU MUDANçAS FíSICAS. A IDADE DA INSTALAçãO DEFINE A SUA EFICIêNCIA ENERGéTICA, COM INSTALAçõES MAIS ANTIGAS REQUERENDO MAIS ENERGIA.O USO DE ENERGIA EM UMA INDúSTRIA NãO DEPENDE MUITO DO CLIMA, GEOGRAFIA, COMPORTAMENTO DO CONSUMIDOR E NíVEIS DE RENDA,

FACILITANDO A COMPARAçãO ENTRE OS PAíSES (COLODEL, 2008).
NO ENTANTO, DEVE-SE LEVAR EM CONSIDERAçãO QUE PAISES PODEM DIFERIR NA PRESENçA DE MAIS TRABALHO MANUAL OU INSTALAçõES AUTOMáTICAS, QUE é O CASO DE PAíSES MAIS INDUSTRIALIZADOS. NESTE CASO, O NíVEL DE CONSUMO DE ENERGIA TAMBéM SERá DIFERENTE ENTRE PAíSES.
OS FLUXOS DE SAíDA SãO BASICAMENTE OS PRODUTOS E CO-PRODUTOS, ASSIM COMO AS EMISSõES. O USO OU NãO DE SISTEMAS DE TRATAMENTO DE EFLUENTES E QUIPAMENTOS DE CONTROLE DE EMISSãO ATMOSFéRICA ASSIM COMO REGULAçõES DE EMISSãO NOS PAíSES DEVEM SER LEVADOS EM CONSIDERAçãO (COLODEL, 2008).

CARVALHO (2010) DIZ QUE VáRIOS FATORES PODEM INFLUENCIAR NOS DADOS COMO O NíVEL TECNOLóGICO DA EMPRESA, O TEMPO DE FUNCIONAMENTO DOS EQUIPAMENTOS, A COMPOSIçãO DA MATéRIA-PRIMA E DO COMBUSTíVEL E TAMBéM A MATRIZ ENERGéTICA.
SEGUNDO PORTLAND CEMENT ASSOCIATION (2007) MATERIAIS CIMENTíCIOS SUPLEMENTARES PODEM SER INCLUíDOS NA MASSA DO CONCRETO, SENDO QUE O CIMENTO CONSTITUI DE 7 A 15 PORCENTO DA MASSA TOTAL DO CONCRETO EM PESO, NãO DEVENDO OS DADOS DO INVENTáRIO DO CICLO DE VIDA DO CIMENTO SEREM USADOS INCORRETAMENTE COMO DADO DO INVENTáRIO DO CONCRETO POR OCASIONAR ERROS GRAVES.
NO ESTUDO DE COLODEL (2008),FEZ-SE UMA ACV DA PRODUçãO DE UMA TONELADA DE CIMENTO PORTLAND, COMPARANDO-SE AS BASES DE DADOS DO US LCI, QUE FORNECE UM INVENTáRIO DO CICLO DE VIDA DO CIMENTO DOS ESTADOS UNIDOS E A BASE DE DADOS ALEMã.
O POTENCIAL DE EUTROFIZAçãO é 46% MENOR NA ACV DO CIMENTO COM BASE DE DADOS ALEMã. A ACIDIFICAçãO POTENCIAL é 67% MENOR, O POTENCIAL DE AQUECIMENTO GLOBAL 24% MENOR, CRIAçãO DE OZôNIO FOTOQUíMICO 53% MENOR E A ENERGIA PRIMáRIA 36,18% MENOR QUE A BASE DE DADOS AMERICANA.

6.4 ESTUDOS DE ACV EM CIMENTO

A INDúSTRIA DE CIMENTO é CONFRONTADA COM MUITOS DESAFIOS QUE ABRANGEM O CICLO DE VIDA DO PRODUTO E POR QUESTõES AMBIENTAIS RELEVANTES EM SEUS PROCESSOS INDUSTRIAIS, TAIS COMO EMISSõES DE

DIóXIDO DE CARBONO E EXIGêNCIAS NA PRODUçãO DE ENERGIA.

POR OUTRO LADO, ESTUDOS INDICAM QUE CERTOS ASPECTOS DA INDúSTRIA DO CIMENTO (POR EXEMPLO, APLICAçãO PARA PRODUTOS DE VIDA úTIL LONGA, DISPOSIçãO DE RESíDUOS PERIGOSOS) PODEM CONTRIBUIR ENORMEMENTE PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTáVEL.

NO MUNDO, ALGUNS IMPORTANTES CENTROS DE REFERêNCIA NOS ESTUDOS DE ACV APLICADOS NO CIMENTO SãO CANADá, ESTADOS UNIDOS, INGLATERRA, ALEMANHA, ESPANHA E JAPãO (WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT, 2002).

O QUADRO 10A SEGUIR SUMARIZADIVERSOS ESTUDOS DE ACV APLICADOS NO CIMENTO NO MUNDO:

FONTE	TíTULO	RESUMO
HUNTZINGER, D.; EATMON,T. (2008)- ESTADOSUNIDOS	ANáLISE DO CICLO DE VIDA DA FABRICAçãO DO CIMENTO PORTLAND DO PROCESSO TRADICIONAL E COM TECNOLOGIAS ALTERNATIVAS.	O ESTUDO AVALIA O IMPACTO AMBIENTAL DE QUATRO PROCESSOS DE FABRICAçãO DE CIMENTO: 1- A PRODUçãO TRADICIONAL DO CIMENTO PORTLAND, CIMENTO COMPOSTO (POZOLANAS NATURAIS), 2 - CIMENTO ONDE 100% DO RESíDUO POEIRA DO FORNO DE CIMENTO (CKD) é RECICLADO NO PROCESSO, DO FORNO, 3- CIMENTO PORTLAND PRODUZIDO QUANDO A POEIRA DO FORNO DE CIMENTO (CKD) é UTILIZADA PARA SEQUESTRO DE UMA PARTE DO CO_2 EMITIDO NO PROCESSO,UTILIZANDO-SE O*SOFTWARE* SIMA-PRO. OBSERVOU-SE QUE O CIMENTO COM MISTURA FORNECE AS MAIORES ECONOMIAS AMBIENTAIS SEGUIDO PELO CKD PARA SEQUESTRO. O CKD RECICLADO DEMONSTROU TER POUCOS GANHOS AMBIENTAIS SE COMPARADOS COM O PROCESSO TRADICIONAL.
C. SRAZZA, A. DEL BORGHI, M. GALLO, (2011) - ITáLIA	APRIMORAMENTO DA PRODUTIVIDADE DE RECURSOS COMO MEIO PARA PROMOçãO DA PRODUçãO LIMPA: ANáLISE DA CO-INCINERAçãO NAS INDúSTRIAS CIMENTEIRAS ATRAVéS DA ABORDAGEM DE CICLO DE VIDA.	NO CONTEXTO DO SETOR DE PRODUçãO DE CIMENTO DA ITáLIA, INVESTIGOU-SE A ENERGIA RECUPERADA DE RESíDUOS ATRAVéS DA CO-INCINERAçãO. A METODOLOGIA DE ANáLISE DO CICLO DE VIDA FOI USADA PARA ANáLISE DE ESTUDO DE CASO DE UMA FáBRICA ATIVA UTILIZANDO-SE UMA QUANTIDADE DE PLáSTICO COMO ALTERNATIVA DE FONTE DE COMBUSTíVEL. A MELHORIA NO PROCESSO INVESTIGADO FOI QUANTITATIVAMENTE MEDIDA COMO UMA FORMA DE PRODUçãO MAIS LIMPA, EM TERMOS DE ENERGIA BRUTA REQUERIDA, E ENTãO ATRAVéS DE UMA COMPARAçãO DE DESEMPENHO AMBIENTAL COM UMA REFERêNCIA DO SETOR.A ANáLISE DESTACOU OS BENEFíCIOS DE UM BALANçO AMBIENTAL GLOBAL PARA A PRáTICA DA CO-INCINERAçãO NO PROCESSO DE PRODUçãO DE CIMENTO.
COLODEL, C.M.; SEDLBAUER, K.; EYERER, P.; KRANET, M. (2010) - ALEMANHA	ABORDAGEM SISTEMáTICA PARA A ESTIMATIVA DE ECO-PERFIL-ESPECíFICO-POR PAíS USANDO O CIMENTO	A TRANSFERêNCIA DE DADOS DO INVENTáRIO DE CICLO DE VIDA DE OUTROS PAíSES PODE LEVAR A RESULTADO E CONCLUSõES EQUIVOCADAS. NO ARTIGO, UMA ABORDAGEM SISTEMáTICA PARA A TRANSFERêNCIA DE DADOS ENTRE PAíSES é PROPOSTA E APLICADA NO PROCESSO PRODUTIVO DE CIMENTO PORTLAND. A DISPONIBILIDADE DE

	PORTLAND COMO EXEMPLO.	INDICADORES DE DADOS DE PAíSES E A POSSIBILIDADE DE PRODUZIR ECO-PERFIL-ESPECíFICO-POR-PAíS MAIS APROPRIADOS COM TEMPO E ESFORçOS VIáVEIS PODEM SER VISTOS COMO AS PRINCIPAIS VANTAGENS DESSA ABORGADEM.
COLODEL (2008) - ALEMANHA	ABORDAGEM SISTEMáTICA PARA A TRANSFERIBILIDADE DE DADOS DO INVENTáRIO DO CICLO DE VIDA ENTRE PAíSES	SUGERIU-SE UMA ABORDAGEM PARA PERMITIR O CáLCULO DE INVEN'TARIOS DE PAíSES ESPECíFICOS BASEADO EM INVENTáRIOS EXISTENTES. FEZ-SE UM TESTE COM O CICLO DE VIDA DO CIMENTO, UTILIZANDO BASE DE DADOS AMERICANA E ALEMã. CONCLUI-SE QUE O AJUSTE DO INVENTáRIO DE UM PAíS EM OUTRO é FUNDAMENTAL PARA GERAR RESULTADOS MAIS PRóXIMSO DA REALIDADE QUANDO NãO Há BASE DE DADOS DISPONíVEL.
R. NAVIA, B. RIVELAB, K.E. LORBER, R. MENDEZ (2006) CHILE, ESPANHA, ÁUSTRIA	RECICLAGEM DE SOLO CONTAMINADO COMO MATéRIA-PRIMA ALTERNATIVA EM FáBRICAS DE CIMENTO: AVALIAçãO DE CICLO DE VIDA	VISANDO UM MELHOR ENTENDIMENTO DA INFLUêNCIA QUE A ALOCAçãO DE IMPACTOS TEM NOS RESULTADOS DE ACV PARA O PROCESSO DE FABRICAçãO DO AçO E NO POTENCIAL DE RECICLAGEM DA ESCóRIA DE ALTO FORNO COMO MATERIAL DE ENTRADA NA INDúSTRIA DA CONSTRUçãO CIVIL, UMA ACV SIMPLIFICADO FOI FEITO PARA O CIMENTO PORTLANDA SUAS ALTERNATIVAS CONTENDO ESCóRIA DE ALTO FORNO COMO MATERIAL DE MISTURA.
REINER, M. RENS, K. (2006) ESTADOS UNIDOS	CONCRETO COM ALTO VOLUME DE CINZAS VOLANTES: ANáLISE E APLICAçãO	O ESTUDO ANALISA ALTAS PORCENTAGENS DE SUBSTITUIçãO NO CIMENTO COM CINZAS VOLANTES: DE 40 A 70% . UM ESTUDO REVELOU QUE PORCENTAGENS DE 50 E 60% DE SUBSTITUIçãO DO CIMENTO. OS BENEFíCIOS AMBIENTAIS INCLUíRAM 25% DE REDUçãO DE *SMOG*, EFEITOS NA SAúDE HUMANA E USO DE COMBUSTíVEIS FóSSEIS SE COMPARADO COM O MESMO ELEMENTO CONSTRUíDO COM O CIMENTO PORTLAND SEM ADIçõES OS BENEFíCIOS ECONôMICOS INCLUEM 15% DE REDUçãO NO CAPITAL E 20% DE REDUçãO NO CICLO DE VIDA QUANDO COMPARADO AO CIMENTO PORTLAND SEM ADIçõES.
JOSA, A.; AGUADO, A.; CARDIM, A.; BYARS, E.(2007) ESPANHA, BRASIL, REINO UNIDO	ANáLISE COMPARATIVA DO IMPACTO DA AVALIAçãO DE IMPACTO DO CICLO DE VIDA DO CIMENTO DE INVENTáRIOS DE CIMENTO DISPONíVEIS NOS EUA.	ESTUDO COMPARATIVO DA ANáLISE DE IMPACTO DO CICLO DE VIDA (LCIA - LIFE CYCLE IMPACT ASSESSMENT) DE INVENTáRIOS DE CIMENTOS DISPONíVEIS NA EUROPA. O ESTUDO EVIDENCIOU ALGUMAS INCONSISTêNCIAS EM INVENTáRIOS EXISTENTES. DIFERENçAS NA AVALIAçãO DE IMPACTO DOS TIPOS DE CIMENTO FORAM ESSENCIALMENTE RELACIONADAS AO SEU TEOR DE CLíNQUER.
CIMENTO TAIHEIYO (2000)*APUD* WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT, 2002_B - JAPãO	RELATóRIO AMBIENTAL (2000)	AVALIOU-SE COMO A PRODUçãO DO CIMENTO TAIHEIYO, AO SE UTILIZAR GRANDES VOLUMES DE RESíDUOS E COPRODUTOS, AJUDOU A REDUZIR A CARGA AMBIENTAL TOTAL NA SOCIEDADE SOCIEDADE UTILIZANDO-SE A METODOLOGIA DA ACV. BASEADO NOS RESULTADOS DA AVALIAçãO, O íTEM DE CONTABILIDADE AMBIENTAL DE EFEITO DE CONSERVAçãO AMBIENTAL DA UTILIZAçãO DE RESíDUOS é CALCULADA E ENTãO é CONVERTIDA EM TERMOS ECONôMICOS
CIMENTO	RELATóRIO	FEZ-SE UMA ACV DO CIMENTO. OS LIMITES DO

TAIHEIYO (1999) *APUD* WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT, 2002_B. JAPãO	AMBIENTAL (1999)	SISTEMA SãO A MINERAçãO DE MATéRIA-PRIMA, TRANSPORTE E PRODUçãO. AS CATEGORIAS DE IMPACTO AQUECIMENTO GLOBAL, DEPLEçãO DE RECURSOS ENERGéTICOS, DEPLEçãO DE RECURSOS MINERAIS, VOLUME DO ATERRO SANITáRIO. FATORES DE ATRIBUIçãO DE PESO: 1) IMPORTâNCIA DO FATOR: BASEADA NO QUESTIONáRIO, BASEADA NO PREçO; 2) DURABILIDADE DO FATOR.

QUADRO 10: ESTUDOS DE ACV APLICADOS NO CIMENTO

OS SEGUINTES ESTUDOS CIMENTO TAIHEIYO (2000) E CIMENTO TAIIHEIYO (1999) FORAM CIDADOS POR WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT (2002_C) E NãO FORAM ENCONTRADOS NOS *LINKS* APRESENTADOS:

HTTP://WWW.TAIHEIYO-CEMENT.CO.JP/ENGLISH/ENV2000/INDEX.HTML E HTTP://WWW.TAIHEIYO-CEMENT.CO.JP/ENGLISH/ENV/INDEX.HTML.

O QUADRO 11APRESENTA OS ESTUDOS DE ACV APLICADOS NO CIMENTO NO BRASIL

AUTOR	TíTULO	RESUMO
SAADE, M.(2010)	APLICAçãO DE ACV NA CONTRUçãO CIVIL COM CONSIDERAçõES DA ALOCAçãO DE IMPACTOS NO PROCESSO DE FABRICAçãODO AçO E SUA REFLEXãO NA INDúSTRIA DO CIMENTO	PARA UM MELHOR ENTENDIMENTO DA INFLUêNCIA QUE A ALOCAçãO DE IMPACTOS TEM NOS RESULTADOS DE ACV PARA O PROCESSO DE FABRICAçãO DO AçO E NO POTENCIAL DE RECICLAGEM DA ESCóRIA DE ALTO FORNO COMO MATERIAL DE ENTRADA NA INDúSTRIA DA CONSTRUçãO CIVIL, UM ACV SIMPLIFICADO FOI FEITO PARA O CIMENTO PORTLAND E SUAS ALTERNATIVAS CONTENDO ESCóRIA DE ALTO FORNO COMO MATERIAL DE MISTURA.
CARVALHO, J.(2002)	ANáLISE DE CICLO DE VIDA AMBIENTAL APLICADA A CONSTRUçãO CIVIL - ESTUDO DE CASO: COMPARAçãO ENTRE CIMENTOS PORTLAND COM ADIçãO DE RESíDUOS.	AVALIAçãO DE CICLO DE VIDA FOI UTILIZADA PARA A COMPARAçãO ENTRE OS CIMENTOS PORTLAND COM ADIçãO DE RESíDUOS, COM O OBJETIVO DE AVALIAR OS BENEFíCIOS AMBIENTAIS DA RECICLAGEM. FOI MONTADA UMA FáBRICA FICTíCIA NA QUAL FORAM AVALIADOS OS IMPACTOS AMBIENTAIS EM NíVEL GLOBAL (EFEITO ESTUFA), NíVEIS REGIONAIS (ACIDIFICAçãO E CONSUMO ENERGéTICO) E EM NíVEIS LOCAIS (NUTRIFICAçãO E MATERIAL PARTICULADO), COMPARANDO AS EMISSõES NACIONAIS COM AS EMISSõES INTERNACIONAIS. COM BASE NESTA COMPARAçãO, FOI POSSíVEL AVALIAR QUE A RECICLAGEM DE RESíDUOS INCORPORADOS AO CIMENTO ALéM DE RESOLVER O PROBLEMA DE DEPOSIçãO DOS RESíDUOS, OS TORNA SUB-PRODUTOS E DIMINUI OS IMPACTOS AMBIENTAIS QUE OS ENVOLVEM.

QUADRO 11: ESTUDOS DE ACV APLICADOS AO CIMENTO NO BRASIL

6.5 APRESENTAçãO DOS ESTUDOS DE ACVBRASILEIROS APLICADOS AO CIMENTO

PARA SE DISCUTIR A APLICAçãO DA ACV NO CIMENTO NO CENáRIO NACIONAL, SERá FEITA UMA APRESENTAçãO DOS ESTUDOS BRASILEIROS, FOCANDO-SE NA BASE DE DADOS UTILIZADA.

CARVALHO (2002)MONTOU UMA FáBRICA FICTíCIA COM A FINALIDADE DE AVALIAR O EFEITO DA RECICLAGEM DA ESCóRIA DE ALTO FORNO E DA CINZA VOLANTE NOS CIMENTOS PORTLAND, UTILIZANDO A ACV COM DADOS NACIONAIS E INTERNACIONAIS.

A AUTORA NO PRóPRIO TRABALHO INFORMA QUE NO ESTUDO HOUVE DIFICULDADES DE OBTENçãO DOS DADOS PELO FATO DE SER UM ESTUDO DE CASO DO SETOR, E NãO APENAS DE UMA EMPRESA, POIS OS DADOS DEVERIAM DEMONTRAR A REALIDADE MéDIA DAS INDúSTRIAS CIMENTEIRAS NO BRASIL.ELA AINDA INFORMA QUE A BASE DE INFORMAçõES AMBIENTAIS PRáTICAS NO BRASIL ESTá AINDA MUITO FALHA, O QUE DIFICULTA MUITO A UTILIZAçãO DESTE TIPO DE METODOLOGIA. NO ESTUDO ELA UTILIZOU COMO REFERêNCIA NACIONAL DADOS DE EMISSãO FORNECIDOS PELA ASSOCIAçãO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND DE MéDIAS NACIONAIS (PARA O NO_X), ESTUDO NACIONAL (PARA O CO_2E CONSUMO DE ENERGIA), VALORES TíPICOS INTERNACIONAIS (PARA O SO_X) E .NORMAS INTERNACIONAIS, COM DADO SEMELHANTE AO DE UMA EMPRESA NACIONAL (PARA MATERIAL PARTICULADO)E AS CARACTERíSTICAS DOS EQUIPAMENTOS FORAM FEITAS A PARTIR DE CATáLOGOS DE UMA EMPRESA FORNECEDORA DE EQUIPAMENTOS PARA A INDúSTRIA CIMENTEIRA. PARA DADOS INTERNACIONAIS UTILIZOU BIBLIOGRAFIAS QUE EM SUA MAIORIA ESPECIFICAVAM OS VALORES MáXIMOS DE EMISSãO.

OS IMPACTOS AMBIENTAIS FORAM CALCULADOS PARA CIMENTO CPII, COM 34% DE ESCóRIA DE ALTO-FORNO, CPIII, COM 70% DE ESCóRIA DE ALTO-FORNO, CP IV, COM 50% DE CINZA VOLANTE E O CPI, SEM ADIçãO (5% DE GIPSITA). O ESTUDO CONCLUIU QUE O CIMENTO CPIII é O QUE TEM O MENOR IMPACTO AMBIENTAL, SEGUIDO PELO CPIV, CPII E POR FIM O CPI. O

CONSUMO DE ENERGIA é SIGNIFICATIVO NA PRODUçãO DE CIMENTO PORTLAND, SENDO A MOAGEM A ETAPA QUE MAIS CONSOME ENERGIA ELéTRICA. NãO SE CONSIDEROU A INFLUêNCIA NO CONSUMO DE ENERGIA ELéTRICA DA UTILIZAçãO DA ESCóRIA DE ALTO-FORNO, DEVIDO A FALTA DE INFORMAçõES. POR SER A ESCóRIA MAIS DURA QUE O CIMENTO, O CONSUMO DE ENERGIA NO CIMENTO COM ESCóRIA FOI SUBESTIMADO.

SAADE (2010) AVALIA E DISCUTE COMO A TOMADA DE DECISãO A RESPEITO DA ALOCAçãO DE IMPACTO NO PROCESSO SIDERúRGICO COM A APLICAçãO DA METODOLOGIA DA ACV INFLUENCIA O DESEMPENHO AMBIENTAL DOS PROCESSOS INDUSTRIAIS QUE UTILIZAM ESCóRIA DE ALTO-FORNO COMO MATERIAL DE ENTRADA, O QUE é O CASO DA ESCóRIA DE ALTO-FORNO NA INDúSTRIA DO CIMENTO. O ESTUDO APLICOU A METODOLOGIA DA ACV NA FABRICAçãO DOS CIMENTOS CP I 32 (0% DE ESCóRIA DE ALTO-FORNO), CPII 32 (COM 30% DE ESCóRIA DE ALTO-FORNO) E CP III(66% DE ESCóRIA DE ALTO-FORNO), USANDO-SE DADOS OBTIDOS DE UMA ACV SIMPLIFICADA DE ESTUDO DE CASO NO PROCESSO SIDERúRGICO. CONSIDEROU-SE O CRITéRIO DE ALOCAçãO POR MASSA E POR VALOR ECONôMICO DO AçO E ESCóRIA DE ALTO-FORNO, E AS IMPLICAçõES DECORRENTES DA UTILIZAçãO DE DIFERENTES CRITéRIOS NAS CARGAS AMBIENTAIS DOS TRêS TIPOS DE CIMENTO PORTLAND. OS FATORES DE EMISSãO DO CIMENTO CPI 32 FORAM OBTIDOS DO INVENTáRIO BRASILEIRO DE EMISSãO DE CO_2 NA PRODUçãO DO CIMENTO. COMO O INVENTáRIO LISTA APENAS AS EMISSõES DE CO_2, OUTROS GASES DE EFEITO ESTUFA NãO PUDERAM SER CONSIDERADOS NO ESTUDO. AS CARGAS AMBIENTAIS ALOCADAS PARA EM MASSA PARA A PRODUçãO DO AçO E A ESCóRIA DE ACIARIA FICOU EM 82% E 18% E, PELO CRITéRIO DE ALOCAçãO DE VALOR ECONôMICO, 99,97% E 0,03% , RESPECTIVAMENTE.

OS DIFERENTES CRITéRIOS DE ALOCAçãO DE IMPACTO PARA ANALISAR O PROCESSO SIDERúRGICO MOSTROU QUE A ADOçãO DE ALOCAçãO POR MASSA IMPLICOU EM UMA CONTRIBUIçãO SIGNIFICANTE MAIOR AOS CO-PRODUTOS CONSIDERADOS QUANDO CONTRASTADOS COM A ALOCAçãO POR VALOR ECONôMICO. ISSO IMPACTA DIRETAMENTE A UTILIZAçãO DE ESCóRIA COMO MATERIAL DE ENTRADA NA INDúSTRIA DO CIMENTO, COMO O IMPACTO DA ESCóRIA TRAZIDO PARA A PRODUçãO DE CIMENTO PODERIA SUPERAR O DO CIMENTO PORTLAND, DE ACORDO COM O CRITéRIO ADOTADO.

SAADE (2010) CONCLUI QUE O USO DE POUCOS DADOS A RESPEITO DA EMISSãO DA PRODUçãO DO CIMENTO SE APRESENTA COMO UM DESAFIO METODOLóGICO, UMA VEZ QUE OS RESULTADOS SãO CONSIDERAVELMENTE SENSíVEIS A POSSíVEIS MUDANçAS NA CARGA ECOLóGICA ASSSOCIADA AOS MATERIAIS USADOS NA FABRICAçãO DO PROCESSO. ESSAS CONCLUSõES INDICAM A NECESSIDADE DE SE VALIDAR E ELABORAR INVENTáRIOS BRASILEIROSPARA SE ESTIMULAR A O DESENVOLVIMENTO SUSTENTáVEL E SUSTENTADO DAS INDúSTRIAS DE CIMENTO E SIDERúRGICAS E A GUIAR DECISõES QUECONTéM POTENCIAIS INCORPORADOS PARA IMPULSIONAR UMA IMPORTANTE MUDANçA DE PARADIGMAS.

6.6 ELABORAçãO DO QUESTIONáRIO

O QUESTIONáRIO é FREQUENTEMENTE UTILIZADO COMO MEIO DE SE COLETAR DADOS. O DESENVOLVIMENTO DE QUESTIONáRIOS DEVE SER FEITO COM MUITO CUIDADO E DEVE REFERIR-SE AOS GRUPOS ALVOS QUE SE ENDEREçA.NãO Há UM QUESTIONáRIO PERFEITO. PRODUCT ECOLOGY CONSULTANTS (2010) LISTOU ALGUMAS SUGESTõES QUE PODEM SER SEGUIDAS PARA SE ELABORAR UM QUESTIONáRIO:

- COMEçAR COLETANDO INFORMAçõES GENéRICAS, COMO RELATóRIOS ANUAIS E PANFLETOS INDUSTRIAIS. ISSO AJUDARá A ENTENDER COMO A EMPRESA é ORGANIZADA E, POSTERIORMENTE, QUANDO SE CONSEGUIR O QUESTIONáRIO COMPLETO, AJUDARá A INTERPRETAR OS DADOS.
- TER CONSCIêNCIA QUE UMA LINHA DE PRODUçãO SIMPLES GERALMENTE FAZ MUITOS PRODUTOS DIFERENTES, IMPLICANDO EM DUAS ALTERNATIVAS:
    - 0 PERGUNTAR PELOS DADOS DE ENTRADA E SAíDA DA LINHA DE PRODUçãO E ALOCAR ESSES IMPACTOS AO PRODUTO QUE SE QUER INVESTIGAR. PARA ISSO, DEVE-SE DETERMINAR UMA ALOCAçãO CHAVE, COMO A MASSA, VALOR ECONôMICO, ETC.
    - 0 EXPLICAR A QUESTãO DA ALOCAçãO AO FORNECEDOR DE DADOS, E PEDIR AO MESMO QUE FAçA OS CáLCULOS PARA A ALOCAçãO. ESSA GERALMENTE é UMA SOLUçãO SE A ALOCAçãO CHAVE é CONFIDENCIAL. NO ENTANTO, ISSO FAZ A INTERCEPTAçãO DE ERRO MUITO MAIS COMPLEXA.
- PARA CADA PERGUNTA, EXPLICAR NãO APENAS COMO SE PREENCHE

OS DADOS, MAS EXPLICAR TAMBéM POR QUE SE QUER TER O DADO. ESSA PERGUNTA NãO APENAS MOTIVA, MAS TAMBéM AJUDA A ENTENDER A PERGUNTA.

- SEPARAR AS PERGUNTAS EM BLOCOS PARA QUE CADA UM DELES PEGUE UM TóPICO DE CADA VEZ. POR EXEMPLO, EM UM BLOCO SE ENCONTRAM TODOS OS DADOS E SAíDAS DE ENERGIA, EM OUTRO TODOS OS DADOS DE ENTRADAS E SAíDAS DE MATERIAIS E A LOGíSTICA ASSOCIADA, UM BLOCO COM TODAS AS EMISSõES RELEVANTES, UM COM TODOS OS RESíDUOS (E SUA DESTINAçãO) E OUTRO COM DADOS DE SAíDA E LOGíSTICA ASSOCIADA.
- FORNECER INFORMAçõES DE FORMA SIMPLES PARA O FORNECEDOR DE DADOS, REDUZINDO ASSIM O RISCO DE ERROS E FACILITANDO A INTERPRETAçãO.

UM QUESTIONáRIOAPLICáVEL à INDúSTRIA DO CIMENTO ESTá PRESENTE NO ANEXO I, E FOIFEITO TOMANDO-SE COMO BASE INFORMAçõES CONTIDAS NOS TRABALHOS DE PORTLAND CEMENT ASSOCIATION(2007),PRODUCT ECOLOGY CONSULTANTS (2010_A) E SUSTAINABLE PRODUCTS CORPORATION (2001) E TAMBéM DADOS DA PRODUçãO DO CIMENTO APRESENTADOS NO CAPíTULO 6.

A TíTULO DE ILUSTRAçãO, SERá DEMOSTRADO NO PROGRAMA SIMAPRO COMO é O PROCEDIMENTO DOS DADOS DE ENTRADA E SAíDA. SERá EXEMPLIFICADO COMO INSERIR AS EMISSõES ATMOSFéRICAS DE CO_2, QUE DEVERãO SER INCLUíDAS DE ACORDO COM A UNIDADE FUNCIONAL SELECIONADA (POR EXEMPLO, 1 TONELADA DE CIMENTO). A FIGURA 12 APRESENTA A TELA INICIAL DO PROGRAMA QUANDO ABERTO E A SEQUENCIA A SER SEGUIDA PARA INICIAR-SE UM NOVO ESTUDO, PARA INSERçãO DE DADOS.A FIGURA 13 DEMOSTRA O LOCAL QUE SE SELECIONA A EMISSãO QUE SE DESEJA INCLUIR NO ESTUDO E A FIGURA 14 A TABELA COM AS OPçõES DE EMISSõES, DE ACORDO OS DADOS COLETADOS. NO CASO, SELECIONOU-SE O CO_2.

2

1

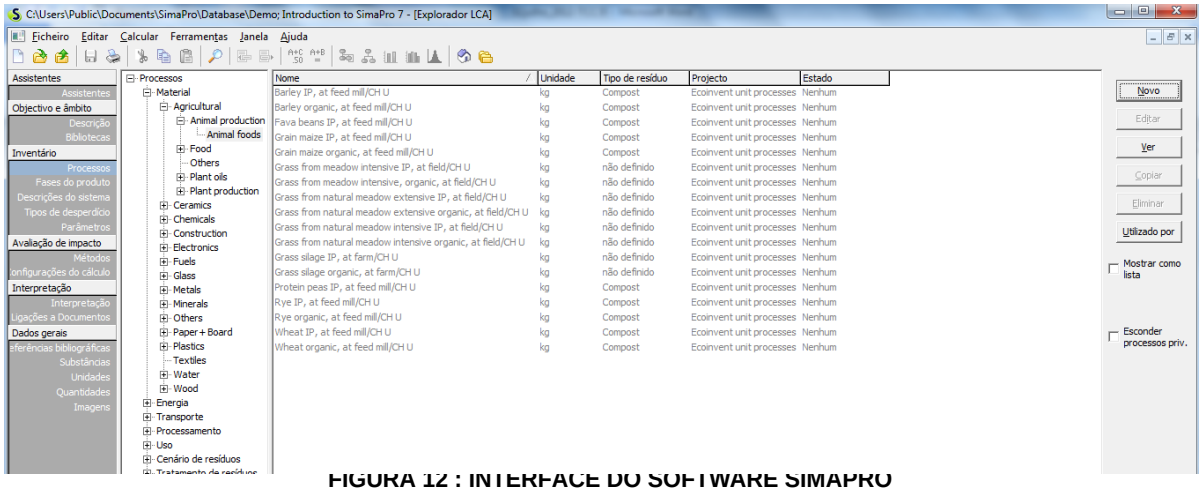

FIGURA 12 : INTERFACE DO SOFTWARE SIMAPRO

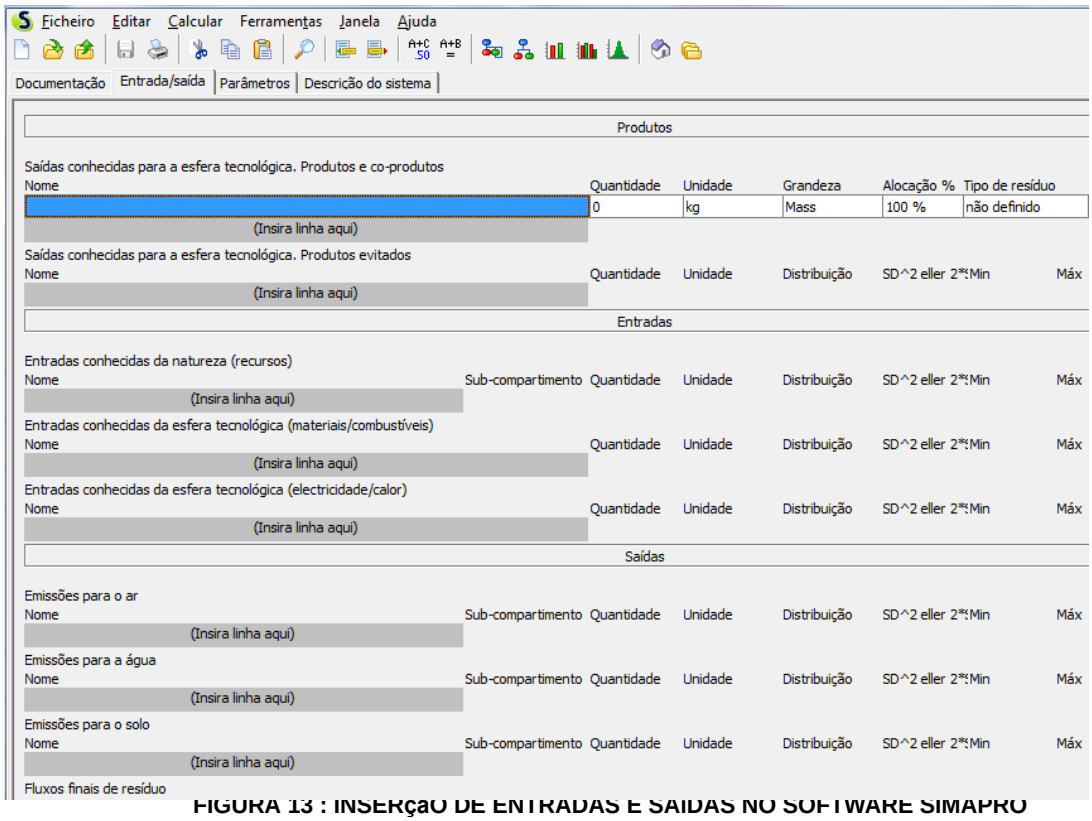

FIGURA 13 : INSERÇÃO DE ENTRADAS E SAÍDAS NO SOFTWARE SIMAPRO

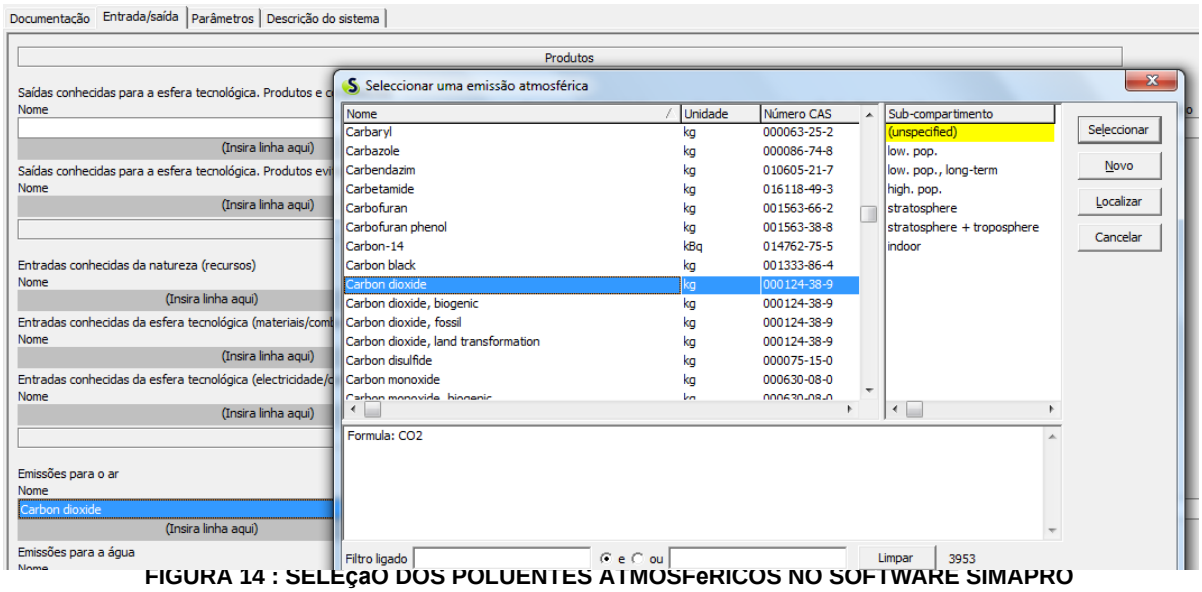

FIGURA 14 : SELEçãO DOS POLUENTES ATMOSFéRICOS NO SOFTWARE SIMAPRO

7 CONSIDERAçõES FINAIS

NO EXTERIOR, A INDúSTRIA DO CIMENTO DESACELEROU EMSE ADOTAR ESTUDOS DE ACVQUANDO COMPARADA COM OUTROS SETORES, POR INCLUIR MATERIAIS ALTERNATIVOS NO CONCRETO. APESAR DISSO, OBSERVOU-SE QUE Há PAíSES DA EUROPA, AMéRICA E ÁSIA (JAPãO) QUE POSSUEM BASES DE DADOS ADEQUADAS PARA ESTUDOS DE ACV NO CIMENTO (TABELA 4), O QUE NãO OCORRE NO BRASIL. O QUADRO 10 APRESENTA O ATRASO DO BRASIL EM PESQUISAS DE ACV, EM ESPECIAL APLICADA à ESTUDOS EM CIMENTO, AO NãO SE ENCONTRAR, NESTE CASO, NENHUM DADO BRASILEIRO NOS DIVERSOS *SOFTWARES* DE LCA INDICADOS PARA O SETOR (TABELA 3. E TABELA 4).

A MATRIZ ENERGéTICA INFLUENCIA SIGNIFICATIVAMENTE OS DADOS, ASSIM COMO A COMPOSIçãO DA MATéRIA-PRIMA E DO COMBUSTíVEL. A IDADE DA INSTALAçãO, UNIDADES DE OPERAçãO PARA REAçõES QUíMICAS, PROCESSOS MECâNICOS, PRESENçA DE TRABALHO MANUAL OU INSTALAçõES AUTOMATICAS INTERFEREM NO CONSUMO DE ENERGIA, O QUE INTERFERE SIGNIFICATIVAMENTE NOS DADOS,ENQUANTO CLIMA, GEOGRAFIA, COMPORTAMENTO DO CONSUMIDOR E NíVEIS DE RENDA NãO INFLLUENICIAM TANTO.

REGULAçãO DE EMISSõES, SISTEMAS DE TRATAMENTO DE EFLUENTES E EQUIPAMENTOS DE CONTROLE DA POLUIçãO ATMOSFéRICA TAMBéM SãO

FATORES IMPORTANTES A SEREM CONSIDERADOS.

COLODEL (2008) DEMONSTROU, ATRAVéS DA ACV DO CIMENTO COM BASE DE DADOS AMERICANA E ALEMã A DIFERENçA DOS RESULTADOS DEPENDENDO DA BASE DE DADOS.

O POTENCIAL DE EUTROFIZAçãO é 46% MENOR NA ACV DO CIMENTO COM BASE DE DADOS ALEMã. A ACIDIFICAçãO POTENCIAL é 67% MENOR, O POTENCIAL DE AQUECIMENTO GLOBAL 24% MENOR, CRIAçãO DE OZôNIO FOTOQUíMICO 53% MENOR E A ENERGIA PRIMáRIA 36,18% MENOR QUE A BASE DE DADOS AMERICANA.

DADOS DO INVENTáRIO DO CICLO DE VIDA DO CIMENTO NãO DEVEM SER USADOS INCORRETAMENTE COMO DADO DO INVENTáRIO DO CONCRETO POR OCASIONAR ERROS GRAVES.SUA COMPOSIçãO NO CONCRETO VARIA DE 7 A 15% .

NO BRASIL Há UM NúMERO EXTREMAMENTE REDUZIDOS DE TRABALHOS VOLTADOS PARA A ACV NA INDúSTRIA DO CIMENTO (APENAS DOIS TRABALHOS ACADêMICOS), SENDO QUE O INTERVALO ENTRE ELES FOI DE OITO ANOS - CARVALHO (2002) E SAADE (2010). O PRESENTE TRABALHO INICIALMENTE TINHA COMO OBJETIVO FAZER UMA AVALIAçãO DE CICLO DE VIDA DO CIMENTO PORTLAND CPI, CP II-E E CPIII (OS DOIS úLTIMOS CONTéM ADIçãO DE ESCóRIA DE ALTO FORNO), MAS TEVE DE SER ALTERADO POR CONSEGUIR POUCOS DADOS, ALéM DE NãO CONSEGUIR NENHUM DADO REFERENTE A PRODUçãO DO CLíNQUER, ONDE SE ENCONTRARãO OS MAIORES IMPACTOS. O TRABALHO DE CARVALHO(2002), UM DOS DOIS TRABALHOS BRASILEIROS, FOI FEITO COM UMA INDúSTRIA FICTíCIA. A AUTORA NO PRóPRIO TRABALHO INFORMA QUE NO ESTUDO HOUVE DIFICULDADES DE OBTENçãO DOS DADOS PELO FATO DE SER UM ESTUDO DE CASO DO SETOR, E NãO APENAS DE UMA EMPRESA, POIS OS DADOS DEVERIAM DEMONSTRAR A REALIDADE MéDIA DAS INDúSTRIAS CIMENTEIRAS NO BRASIL. E SUGERE COMO TRABALHO FUTURO A UTILIZAçãO DA ACV COMPARATIVA ENTRE OS CIMENTOS PORTLAND COM ADIçãO DE RESíDUOS COM FABRICAçãO EM UMA EMPRESA ESPECíFICA.SAADE (2010)CONCLUIU QUE O USO DE POUCOS DADOS A RESPEITO DA EMISSãO DA PRODUçãO DO CIMENTO SE APRESENTA COMO UM DESAFIO METODOLóGICO, REFORçANDO A NECESSIDADE DE SE VALIDAR E ELABORAR INVENTáRIOS BRASILEIROS PARA SE ESTIMULAR A O DESENVOLVIMENTO SUSTENTáVEL E

SUSTENTADO DAS INDúSTRIAS DE CIMENTO. O TRABALHO DE COLODEL (2008) REFORçA ESTA RECOMENDAçãO AO SE DEMONSTRAR A DISCREPâNCIA DOS IMPACTOS AMBIENTAIS DEPENDENDO DO INVENTáRIO UTILIZADO (AMERICANO OU ALEMãO).

O QUESTIONáRIO ELABORADO DEMONSTRA DE FORMA PRáTICA O TIPO DE INFORMAçãO QUE PRECISA SER OBTIDA PARA SE ELABORAR UMA ACV DE UMA FáBRICA DE CIMENTO .

8 RECOMENDAçõES

SUGERE-SE àS INDúSTRIAS CIMENTEIRAS PARA QUE CONTRIBUAM COM AS PESQUISAS ACADêMICAS SOBRE A ACV NO SETOR. A INDúSTRIA CIMENTEIRA é EXTREMAMENTE IMPACTANTE AO MEIO AMBIENTE E A ACV é UMA IMPORTANTE FERRAMENTA DE AVALIAçãO DE IMPACTO AMBIENTAL E AUXíLIO NA TOMADA DE DECISõES.

ESTE TRABALHO ESPERA TER CONTRIBUíDO DE ALGUMA FORMA PARA INCENTIVAR UMA PARTICIPAçãO MAIS ATIVA NOS ESTUDOS DE ACV POR PARTE DO SETOR CIMENTEIRO.

SUGERE-SE A APLICAçãO DO QUESTIONáRIO PARA ESTUDO DE CASO NO SETOR, CONTRIBUINDO ASSIM PARA CONSTRUçãO DO INVENTáRIO NACIONAL.

9 REFERêNCIAS BIBLIOGRáFICAS

ATHENA SUSTAINABLE MATERIALS INSTITUTE.**ATHENA SUSTAINABLE MATERIALS INSTITUTE.***DATABASE DETAILS.*2012. DISPONíVEL EM: <HTTP://WWW.ATHENASMI.ORG/OUR-SOFTWARE-DATA/LCA-DATABASES/PRODUCTS/> ACESSO EM: 14.JUN.2012.

ALECTIA.**ALECTIA A/S**. [200?] CERTIFICATION AND SCREENING OF SUSTAINABLE BUILDINGS: BREAM, LEED, AND DNGB. DISPONíVELEM: <HTTP://WWW.ALECTIA.COM/ENG/NEWS/CERTIFICATION-AND-SCREENING-OF-SUSTAINABLE-BUILDINGS-BREEAM-LEED>ACESSO EM: 10.NOV.2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND - ABCP. **FABRICAçãO**. 2009. DISPONíVEL EM: <WWW.ABCP.ORG.BR>. ACESSO EM: 14.JUN.2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND - ABCP. **GUIA BáSICO DE UTILIZAçãO DO CIMENTO PORTLAND**. REVISãO 7.7.ED. SãO PAULO, 2002. 28P.

AUSLCI.**AUSLCI -** THE AUSTRALIAN LIFE CYCLE INVENTORY DATABASE INITIATIVE**.***RESOURCES.*2011. DISPONíVEL EM: <HTTP://WWW.AUSLCI.COM.AU/RESOURCES> ACESSO EM: 14.JUN.2012.

BIBLIOTECA DIGITAL BRASILEIRA DE TESES E DISSERTAÇÕES. DISPONíVEL EM: BDTD.IBICT.BR. ACESSO EM: 16.JUN.2012.

BUILDING RESEARCH ESTABLISHMENT LTD. LIFE CYCLE ASSESSMENT (LCA) SERVICE.*LIFE CYCLE ASSESSMENTS (LCA) SERVICE. ENVIRONMENTAL IMPACTS OF CONSTRUCTION PRODUCTS AND PROCESSES.*2012.DISPONíVEL EM<HTTP://WWW.BRE.CO.UK/PAGE.JSP?ID=1578>ACESSOEM: 14.JUN.2012.

CARVALHO, J. **AVALIAçãO DE CICLO DE VIDA AMBIENTAL APLICADA A CONSTRUçãO CIVIL - ESTUDO DE CASO: COMPARAçãO ENTRE CIMENTO PORTLAND COM ADIçãO DE RESíDUOS.** 2002. 105F. DISSERTAçãO (MESTRADO EM ENGENHARIA) - ESCOLA POLITéCNICA DA UNIVERSIDADE DE SãO PAULO, SãO PAULO, 2002.

CARVALHO, M.B.M. 2008. 162F. **IMPACTOS E CONFLITOS DA PRODUçãO DE CIMENTO DO DISTRITO FEDERAL.** DISSERTAçãO DE MESTRADO. - CENTRO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTáVEL. UNIVERSIDADE DE BRASíLIA, BRASíLIA, DF. 2008.

CHEN, C.; HABERT, G.; BOUZIDI, Y.; JULLIEN, A. *ENVIRONMENTALIMPACT OF CEMENT PRODUCTION: DETAIL OF THE DIFFERENT PROCESSES AND CEMENT PLANT VARIABILITY EVALUATION.*JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION, 18, 478-485, 2010.

CIMENTO TAIHEIYO. RELATóRIO AMBIENTAL (2000). DISPONíVEL EM:<HTTP://WWW.TAIHEIYO-CEMENT.CO.JP/ENGLISH/ENV2000/INDEX.HTML>

CIMENTO TAIHEIYO. RELATóRIO AMBIENTAL (1999). DISPONíVEL EM:<HTTP://WWW.TAIHEIYO-CEMENT.CO.JP/ENGLISH/ENV/INDEX.HTML>

COLODEL, C.M.; SEDLBAUER, K.; EYERER, P.; KRANET, M. *SISTEMATIC APPROACH FOR THE ESTIMATION OF COUNTRY-SPECIFIC PRODUCT ECO-PROFILE USANDO O CIMENTOPORTLANDCOMOEXEMPLO.***BAUPHYSIK**, V.32, N.4, 223-239, 2010.

COLODEL, C. T. M. *SYSTEMATIC APPROACH FOR THE TRANSFERABILITY OF LIFE CYCLE INVENTORY DATA BETWEEN COUNTRIES*. **OITAVO CONGRESSO INTERNACIONAL EM ECOBALANCE 2008.** TóQUIO, JAPãO, 2008

CRAWFORD, R., *LIFE CYCLE ASSESSMENT IN THE BUILT ENVIRONMENT*. JULHO, 2011.

EUROPEAN COMISSION.LIFE CYCLE THINKING AND ASSESSMENT. INSTITUTE FOR THE ENVIRONMENT AND SUSTAINABILITY.DISPONíVEL EM: <HTTP://LCT.JRC.EC.EUROPA.EU/ASSESSMENT/DATA> ACESSO EM: 14.JUN.2012.

FONSECA, G. C. F.ADIçõES MINERAIS E AS DISPOSIçõES NORMATIVAS RELATIVAS à PRODUçãO DE CONCRETO NO BRASIL: UMA ABORDAGEM EPISTêMICA. 2010.DISSERTAçãO (MESTRADO EM CONSTRUçãO CIVIL) - ESCOLA DE ENGENHARIA DA UFMG. BELO HORIZONTE, MG.

GOMES, V. AVALIAçãO DA SUSTENTABILIDADE DE EDIFíCIOS DE ESCRITóRIOS BRASILEIROS: DIRETRIZES E BASE METODOLóGICA. TESE (DOUTORADO EM ENGENHARIA). - ESCOLA POLITéCNICA DA UNIVERSIDADE DE SãO PAULO. 2003.

GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL.GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL.CONSTRUINDO UM MUNDO SUSTENTáVEL. DISPONíVEL EM: <HTTP://GBCBRASIL.ORG.BR/>ACESSO EM 10.NOV.2011.

HOLCIM.HOLCIM BRASIL. 2010. MEIO AMBIENTE. DISPONíVEL EM:

<HTTP://WWW.HOLCIM.COM.BR/PT/DESENVOLVIMENTO-SUSTENTAVEL/MEIO-AMBIENTE/COMO-FAZEMOS.HTML>ACESSO EM: 10.NOV.2011.

HORNE, R.; GRANT, T.; VERGHESE, K**.** LIFE CYCLE ASSESSMENT - PRINCIPLES, PRACTICE AND PROSPECTS*.*CSIRO*PUBLISHING*, AUSTRALIA, 2009.

HUNTZINGER, D.N.; EATMON, T.D.*A LIFE-CYCLE ASSESSMENT OF PORTLAND CEMENT MANUFACTURING: COMPARING THE TRADITIONAL PROCESS WITH ALTERNATIVES TECHNOLOGIES.*JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION, N. 17, 668-675, 2009.

JOSA, A.; AGUADO, A.; CARDIM, A.; BYARS, E. *COMPARATIVE ANALYSIS OF THE LIFE CYCLE IMPACT ASSESSMENT OF AVAILABLE CEMENT INVENTORIES IN THE EU.* CEMENT AND CONCRETE RESEARCH, N 37. 2007. PP. 781-788.

JEMAI.JAPANENVIRONMENTAL MANAGEMENT ASSOCIATION FOR INDUSTRY.*LCA PROJECT*.2003DISPONíVEL EM: <HTTP://WWW.JEMAI.OR.JP/ENGLISH/LCA/PROJECT.CFM>. ACESSO EM: 14.JUN.2012.

KUMAR, B S. C.; VARANASI, V. K.; SAHA, P. SUSTAINABLE *DEVELOPMENT USING SUPPLEMENTARY CEMENTICIOUS MATERIALS AND RECYCLED AGGREGATE.*INTERNATIONAL JOURNAL OF MODERN ENGINEERING RESEARCH **(IJMER)**VOL. 2, PP. 165-171.2012.

LCANZ - *LIFE CYCLE ASSOCIATION OF NEW ZEALAND.RESOURCES.***LCANZ -** LIFE CYCLE ASSOCIATION OF NEW ZEALAND.RESOURCES*. RESOURCES. 2012.*DISPONíVEL EM: <HTTP://LCANZ.ORG.NZ/LINKS/RESOURCES>. ACESSO EM: 14.JUN.2012.

LIMA, A., PIRES, A., KIPERSTOK, A. EVOLUçãO DOS TRABALHOS DE AVALIAçãO DO CICLO DE VIDA NAS INSTITUIçõES ACADêMICAS BRASILEIRAS. **CONFERENCIA INTERNACIONAL CICLO DE VIDA** (CIACV). SAO PAULO, SP, 2007.

LITTLE, A. D. ET AL..**ESTUDO SOBRE APLICAçõES DE ESCóRIAS SIDERúRGICAS.** PREPARADO PARA: INSTITUTO BRASILEIRO DE SIDERURGIA - IBS E EMPRESAS SIDERúRGICAS ASSOCIADAS. 1999.

MEYER, C. *CONCRETE AS A GREEN BUILDING MATERIAL*. **TERCEIRO CONGRESSO INTERNACIONAL DE CONSTRUçãO DE MATERIAIS**, CONMAT '05, VANCOUVER, 22-25 AGO, 2005.

MOVIMENTO TERRAS. [2010]**MOVIMENTO TERRAS. EM BUSCA DA SUSTENTABILIDADE**. O SELO BREEAM. DISPONíVEL EM: <HTTP://WWW.MOVIMENTOTERRAS.COM.BR/BREEAM.PHP> ACESSO EM: 10.NOV.2011.

NETTO, R. M. MATERIAIS POZOLâNICOS. MONOGRAFIA APRESENTADA AO CURSO DE ESPECIALIZAçãO EM CONSTRUçãO CIVIL DA ESCOLA DE ENGENHARIA DA UFMG. BELO HORIZONTE, MG. 2006.

NAVIA, R.; RIVELA, B.; LORBER, K.E.; MÉNDEZ, R. *RECYCLING CONTAMINATED SOIL AS ALTERNATIVE RAW MATERIAL IN CEMENT FACILITIES: LIFE CYCLE ASSESSMENT.* SCIENCE DIRECT.,N 48, 339-356, 2006.

_____ . NBR ISO 14040: GESTãO AMBIENTAL, AVALIAçãO DO CICLO DE VIDA - PRINCíPIOS E ESTRUTURA. 2006.

OLIVEIRA, B. M.; SAADE, M. R. M., “CONTRIBUIçãO à APLICAçãO DA ANáLISE DO CICLO DE VIDA NAINDúSTRIA SIDERúRGICA: CRITéRIOS PARA ALOCAçãO DE

IMPACTOS". 2010. PROJETO (GRADUAçãO) -DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AMBIENTAL, UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPíRITO SANTO, VITóRIA,2010.

PE INTERNATIONAL.**GABI** PRODUCT SUSTAINABILITY PERFORMANCE.DISPONíVEL EM: <WWW.GABI-SOFTWARE.COM>. ACESSO EM: 14.JUN.2012.

PEREIRA, S. **ANáLISE AMBIENTAL DO PROCESSO PRODUTIVO DE PISOS CERâMICOS. APLICAçãO DE AVALIAçãO DE CICLO DE VIDA**. DISSERTAçãO (MESTRADO EM ENGENHARIA AMBIENTAL) - PROGRAMA DE PóS-GRADUAçãO EM ENGENHARIA AMBIENTAL, UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA, FLORIANóPOLIS. 2004.

PORTLAN CEMENT ASSOCIATION. LIFE CYCLE INVENTORY OF PORTLAND CEMENT CONCRETE. PCA R&D SERIAL NO. 3011. 2007.

PRODUCT ECOLOGY CONSULTANTS.**INTRODUCTION TO LCA WITH SIMAPRO7 TUTORIAL**. NOV 2010.$_A$

PRODUCT ECOLOGY CONSULTANTS.**SIMAPRO7 TUTORIAL**. NOV 2010.$_B$

PRODUCT ECOLOGY CONSULTANTS.MANUALSDISPONíVEL EM: <HTTP://WWW.SIMAPRO.COM/CONTENT/MANUALS>. ACESSO EM: 14.JUN.2012.

REINER, M.; RENS, K. *HIGH-VOLUME FLY ASH CONCRETE: ANALYSIS AND APPLICATION* PRACTICE PERIODICAL ON STRUCTURAL DESIGN AND CONSTRUCTION. VOL. 11. 2006.

SAADE, M. *APLICATION OF ACV IN THE CONSTRUCTION SECTOR: CONSIDERATIONS ON IMPACT ALLOCATION IN STEELMAKING PROCESS AND ITS REFLECTION ON THE INDUSTRY*. IN: **SUSTAINABLE BUILDING 2010 - SB10BRAZIL**. NOV 2010, SãO PAULO.

SAADE, M.; OLIVEIRA, B.; SILVA, M.; GOMES, V. APLICAçãO DA ANáLISE DE CICLO DE VIDA NA CONSTRUçãO CIVIL: DISCUSSãO SOBRE ALOCAçãO DE IMPACTO ENTRE O AçO E SUAS ESCóRIAS. **PARC -PESQUISA EM ARQUITETURA E CONSTRUçãO**. VOL 1, N. 6, PP. 94-111. 2010.

SANTI, A.M.M.; SEVÁ FILHO, A.O. **COMBUSTíVEIS E RISCOS AMBIENTAIS NA FABRICAçãO DE CIMENTO:** CASOS NA REGIãO DO CALCáRIO AO NORTE DE BELO HORIZONTE E POSSíVEIS GENERALIZAçõES. II ENCONTRO NACIONAL DE PóS-GRADUAçãO E PESQUISA EM AMBIENTE E SOCIEDADE - ANNPAS. CAMPINAS, 2004.

SANTI, A.M.M. **CO-INCINERAçãO E CO-PROCESSAMENTO DE RESíDUOS INDUSTRIAIS PERIGOSOS EM FORNOS DE CLíNQUER:**INVESTIGAçãO NO MAIOR PóLO PRODUTOR DO PAíS, REGIãO METROPOLITANA DE BELO HORIZONTE, MG, SOBRE OS RISCOS AMBIENTAIS E PROPOSTAS PARA A SEGURANçA QUíMICA. TESE DE DOUTORADO. FACULDADE DE ENGENHARIA MECâNICA. UNIVERSIDADE DE CAMPINAS. 2003.

SCIENTIFIC APPLICATIONS INTERNATIONAL CORPORATION - SAIC.**LIFE CYCLE ASSESSMENT: PRINCIPLES AND PRACTICE.** MAIO, 2006.

SEGUNDO INVENTáRIO BRASILEIRO DE EMISSõES E REMOçõES ANTRóPICAS DE GASES DE EFEITO ESTUFA - RELATóRIOS DE REFERêNCIA. 2010. 37 P.

SEVERO, E. M. F.; CARDIM, A. ANáLISE DOS IMPACTOS AMBIENTAIS NO TRANSPORTE DO GESSO PERNAMBUCANO. **MATERIAIS DE CONSTRUçãO**.

ASSOCIAçãO PORTUGUESA DOS COMERCIANTES DE MATERIAIS DE CONSTRUçãO. PP. 28-34. 2012.

SILVA, J. G.**ANáLISE DO CICLO DE VIDA DE TIJOLOS PRENSADOS DE ESCóRIA DE ALTO-FORNO.** 2005. 225 F. DISSERTAçãO (MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL) - PROGRAMA DE PóS-GRADUAçãO EM ENGENHARIA CIVIL, UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPIRITO SANTO, VITóRIA, 2005.

SILVA, M. G. **CONCRETO DE ALTO DESEMPENHO COM ELEVADOS TEORES DE ESCóRIA DE ALTO-FORNO: ESTRATéGIA PARA CONSOLIDAR E AMPLIAR O MERCADO DA ESCóRIA DE ALTO-FORNO** - PROJETO DESEMPENHO. VITóRIA, 2006.

SILVA, M., UGAYA, C., GOMES, V.; RUSCHEL, R.; PEDRINI, A., GOULART, S. ESTRATéGIA PARA ELABORAçãO DE INVENTáRIOS DE CICLO DE VIDA DE MATERIAIS DE CONSTRUçãO E SUA INTEGRAçãO EM MODELOS DE INFORMAçãO DE EDIFICAçõES (BIM), [CA.2010].

SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DO CIMENTO - SNIC.**RELATóRIO ANUAL.**2009.

SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DO CIMENTO - SNIC. **EMISSõES DE GASES DE EFEITO ESTUFA NOS PROCESSOS INDUSTRIAIS- PRODUTOS MINERAIS (PARTE I)**$_A$

SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DO CIMENTO - SNIC.LOCALIZAçãO DAS FáBRICAS DE CIMENTO. DISPONíVEL EM: <HTTP://WWW.SNIC.ORG.BR/25SET1024/LOCALIZACAO_FABRICAS.HTML>. ACESSO EM: 7.MAI.2012. $_B$

STRAZZA, C.; DEL BORGHI, M.; GALLO, M. DEL BORGHI.*RESOURCE PRODUCTIVITY ENHANCEMENT AS MEANS FOR PROMOTING CLEANER PRODUCTION: ANALYSIS OF CO-INCINERATION IN CEMENT PLANTS THROUGH A LIFE CYCLE APPROACH.* JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION, N.19 , 1615-1621, 2011.

SUSTAINABLE PRODUCTS CORPORATION. MANUFACTURERS ' LCA QUESTIONNAIRE & USER GUIDE. 2001.

SWEDISH INDUSTRIAL RESEARCH INSTITUTES 'INITIATIVE. LCA SOFTWARE SURVEY. 2000.

THE NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY - NIST.BEES. DISPONíCEL EM:<HTTP://WWW.NIST.GOV/EL/ECONOMICS/BEESSOFTWARE.CFM/> ACESSO EM: 14.JUN.2012.

TILLMAN, A.; BAUMANN, H. .THE HITCH HIKER'S GUIDE TO ACV: *AN ORIENTATION IN LIFE CYCLE ASSESSMENT METHODOLOGY AND APPLICATION*. LONDRES: STUDENTLITTERATUR, 2004.

VERLAG DASHÖFER. **AVALIAçãO QUANTITATIVA (CICLO DE VIDA).** 2012 DISPONíVEL EM: <HTTP://GESTAO-AMBIENTAL.DASHOFER.PT/?S=MODULOS&V=CAPITULO&C=8983>. ACESSO EM: 16.JUN.2012.

WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT - WBCSD, **A SECTRAL APPROACH - GREENHOUSE GAS MITIGATION IN THE CEMENT INDUSTRY**. 2009$_A$

WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT; INTERNATIONAL ENERGY AGENGY.- WBCSD**CEMENT TECHNOLOGY ROADMAP 2009 - CARBON EMISSIONS REDUCTION UP TO 2050**. 2009.$_{B}$

WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT- WBCSD.**INICIATIVA PARA A SUSTENTABILIDADE DO CIMENTO (CSI) PLANO DE AçãO.** 2002. $_{A}$

WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT- WBCSD. **WHAT ACV CAN TELL US ABOUT THE CEMENT INDUSTRY**. 2002$_{B.}$

WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT- WBCSD. CLIMATE CHANGE.2002.$_{C}$

ANEXO I

O QUESTIONáRIO A SEGUIR FOI FEITO PARA AUXILIAR A COLETA DE DADOS EM UMA INDúSTRIA CIMENTEIRA PARA SE FAZER A ACV DO CIMENTO, CONSIDERANDO-SE COMO FRONTEIRA DO SISTEMA APENAS A FáBRICA DE CIMENTO, NãO INCLUINDO PORTANTO PERGUNTAS PERTINENTES A EXTRAçãO DA MATéRIA-PRIMA, POR EXEMPLO.

NEM TODOS OS íTENS PRESENTES NO QUESTIONáRIO NECESSARIAMENTE FARãO PARTE DO PROCESSO DE PRODUçãO DE CIMENTO (POR EXEMPLO, PODE-SE NãO UTILIZAR ENERGIA ORIUNDA DE TERMELéTRICA OU NãO UTILIZAR ESCóRIA DE ALTO-FORNO COMO ADITIVO). ANALOGAMENTE, PODE-SE TER ALGUM íTEM QUE NãO FOI INCLUíDO E, POR ISSO, DEVE SER ESPECIFICADO NO íTEM “OUTRO(S)”

LISTA DE CHECAGEM DO INVENTáRIO DO CICLO DE VIDA DE UMA FáBRICA DE CIMENTO - INFORMAçõES GERAIS

LOCALIZAçãO DA FáBRICA (CIDADE, ESTADO): _____

QUESTIONáRIO COMPLETADO POR (NOME, CONTATO): _____

DATA: _____ _____

ELABORAçãO DO CICLO DE VIDA REFERENTE à PRODUçãO DE _____ - CITAR PERíODO (FRONTEIRA TEMPORAL)

A LINHA DE PRODUçãO é A MESMA PARA TODOS OS TIPOS? FAVOR ESPECIFICAR DIFERENçAS

_____

A EMPRESA POSSUI ALGUM SISTEMA DE CERTIFICAçãO? QUAL(IS)?

_____

LISTAR EQUIPAMENTOS E MáQUINAS UTILIZADAS EM CADA ETAPA DA PRODUçãO DO CIMENTO, ESPECIFICANDO MARCA, ANO DA COMPRA, VIDA úTIL DO APARELHO E PLANOS DE SUBSTITUIçãO.

_____

_____

_____

QUADRO 12: LISTA DE CHECAGEM DO INVENTáRIO DO CICLO DE VIDA DE UMA FáBRICA DE CIMENTO - INFORMAçõES GERAIS

LISTA DE CHECAGEM DO INVENTáRIO DO CICLO DE VIDA DE UMA FáBRICA DE CIMENTO:MATéRIAS-PRIMAS					
ESPECIFICAR AS MATéRIAS-PRIMAS UTILIZADAS PARA A PRODUçãO DO CIMENTO.			FONTE DOS DADOS (MARCAR X)		
TOTAL	TOTAL UTILIZADO NO PERíODO	UNIDADE	DADOS DIRETOS (DERIVADOS DIRETAMENT	DADOS INDIRETOS (BASEADO	DADOS ESTIMADOS

			E DO SISTEMA ADMINISTRATIVO	S EM ALGUM TIPO DE CáLCULO)	
ARGILA		T			
CALCáRIO		T			
GESSO		T			
ESCóRIA DE ALTO-FORNO		T			
POZOLANA(S) NAUTURAL(IS) - ESPECIFICAR QUAL(IS)		T			
POZOLANA(S) ARTIFICIAL(IS) - ESPECIFICAR QUAL(IS)		T			
OUTRO(S)		T			

QUADRO 13: LISTA DE CHECAGEM DO INVENTáRIO DO CICLO DE VIDA DE UMA FáBRICA DE CIMENTO:MATéRIAS-PRIMAS.

LISTA DE CHECAGEM DO INVENTáRIO DO CICLO DE VIDA DE UMA FáBRICA DE CIMENTO:ÁGUA E OUTROS MATERIAIS AUXILIARES					
ESPECIFICAR A QUANTIDADE DE áGUA E OUTROS MATERIAIS DE ENTRADA AUXILIARES QUE SãOUTILIZADOS PARA A PRODUçãO DO CIMENTO.			FONTE DOS DADOS (MARCAR X)		
ÁGUA E OUTROS MATERIAIS AUXILIARES	TOTAL UTILIZADO NO PERíODO	UNIDADE	DADOS DIRETOS (DERIVADOS DIRETAMENTE DO SISTEMA ADMINISTRATIVO	DADOS INDIRETOS (BASEADOS EM ALGUM TIPO DE CáLCULO)	DADOS ESTIMADOS
ÁGUA		M^3			
OUTRO(S)					
OUTRO(S)					
OUTRO(S)					
QUAL O VOLUME DE áGUA é RECIRCULADA DE VOLTA AO PROCESSO?					
QUAL O VOLUME DE áGUA QUE SEGUE PARA A ESTAçãO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES PARA DESCARTE? ?					

QUADRO 14: LISTA DE CHECAGEM DO INVENTáRIO DO CICLO DE VIDA DE UMA FáBRICA DE CIMENTO - ÁGUA E OUTROS MATERIAIS AUXILIARES

LISTA DE CHECAGEM DO INVENTáRIO DO CICLO DE VIDA DE UMA FáBRICA DE CIMENTO:ENERGIAELéTRICA							
ESPECIFICAR A MATRIZ ENERGéTICA UTILIZADA PARA A PRODUçãO DO CIMENTO.. PARA ALOCAçãO DE ENERGIA ELéTRICA ENTRE OS PROCESSOS PODE-SE UTILIZAR UMA PORCENTAGEM.			USA-SE ESTAS COLUNAS PARA ALOCAR PRECISAMENTE A ENERGIA QUE é UTILIZADA NO PROCESSO PRODUTIVO.		FONTE DOS DADOS (MARCAR X)		
TOTAL	TOTAL UTILIZADO NO	UNIDADE	ENERGIA USADA PARA	ENERGIA USADA PELAS	DADOS DIRETOS (DERIVADOS	DADOS INDIRETOS	DADOS ESTIMADOS

	PERíODO		CONTROLE CLIMáTICO, ILUMINAçãO, ETC.	MáQUINAS DE PRODUçãO	DIRETAMENTE DO SISTEMA ADMINISTRATIVO	(BASEADOS EM ALGUM TIPO DE CáLCULO)	
HIDROELéTRICA		KWH	%	%			
TERMOELéTRICA		KWH	%	%			
OUTROS		KWH	%	%			
TOTAL DE ENERGIA CONSUMIDA		MJ	%	%			
Há CO-GERAçãO DE ENERGIA? ESPECIFICAR ONDE é APROVEITADO O CALOR/FONTE DE ENERGIA E A EFICIêNCIA ENERGéTICA DO PROCESSO.							

QUADRO 15: LISTA DE CHECAGEM DO INVENTáRIO DO CICLO DE VIDA DE UMA FáBRICA DE CIMENTO - ENERGIA ELéTRICA

LISTA DE CHECAGEM DO INVENTáRIO DO CICLO DE VIDA DE UMA FáBRICA DE CIMENTO:COMBUSTíVEIS					
ESPECIFICAR OSCOMBUSTíVEISUTILIZADOS PARA A PRODUçãO DO CIMENTO. PARA ALOCAçãO DE ENERGIA ENTRE OS PROCESSOS PODE-SE UTILIZAR UMA PORCENTAGEM.			FONTE DOS DADOS (MARCAR X)		
TOTAL	TOTAL UTILIZADO NO PERíODO	UNIDADE	DADOS DIRETOS (DERIVADOS DIRETAMENTE DO SISTEMA ADMINISTRATIVO	DADOS INDIRETOS (BASEADOS EM ALGUM TIPO DE CáLCULO)	DADOS ESTIMADOS
ÓLEO DIESEL		L			
GASOLINA		L			
GáS NATURAL		L			
CARVãO		T			
OUTRO(S)		T			
Há CO-GERAçãO DE ENERGIA? ESPECIFICAR ONDE é APROVEITADO O CALOR/FONTE DE ENERGIA E A EFICIêNCIA ENERGéTICA DO PROCESSO.					
Há CO-PROCESSAMENTO DE RESíDUOS? QUE RESíDUO(S) INDUSTRIAL(IS) é(SãO) UTILIZADO(S) E QUAL A SUA ORIGEM(NS)?					

QUADRO 16: LISTA DE CHECAGEM DO INVENTáRIO DO CICLO DE VIDA DE UMA FáBRICA DE CIMENTO - COMBUSTíVEIS

LISTA DE CHECAGEM DO INVENTáRIO DO CICLO DE VIDA DE UMA FáBRICA DE CIMENTO:PRODUTOSE SUBPRODUTOS					
ESPECIFICAR OS PRODUTOS DA PRODUçãO DO CIMENTO.			FONTE DOS DADOS (MARCAR X)		
TOTAL	TOTAL UTILIZADO NO PERíODO	UNIDADE	DADOS DIRETOS (DERIVADOS DIRETAMENTE DO SISTEMA ADMINISTRATIVO	DADOS INDIRETOS (BASEADOS EM ALGUM TIPO DE	DADOS ESTIMADOS

				CáLCULO)	
CIMENTO CP I		L			
CIMENTO CP I - S		L			
CIMENTO CP II -E		L			
CIMENTO CP II-Z		T			
CIMENTO CP II-F					
CIMENTO CP III					
CIMENTO CP IV					
OUTRO(S)		T			
OUTRO(S)					

QUADRO 17: LISTA DE CHECAGEM DO INVENTáRIO DO CICLO DE VIDA DE UMA FáBRICA DE CIMENTO - PRODUTOS E SUBPRODUTOS

LISTA DE CHECAGEM DO INVENTáRIO DO CICLO DE VIDA DE UMA FáBRICA DE CIMENTO EMISSõES ATMOSFéRICAS							
ESPECIFICAR AS EMISSõES ATMOSFéRICAS ORIUNDAS PRODUçãO DO CIMENTO.					FONTE DOS DADOS (MARCAR X)		
TOTAL	TOTAL EMITIDO NO PERíODO	UNIDADE	PORCENTAGEM QUE é EMITIDA PARA A ATMOSFERA	PORCENTAGEM QUE é REAPROVEITADA NO PROCESSO OU EM OUTROS PRODUTOS	DADOS DIRETOS (DERIVADOS DIRETAMENTE DO SISTEMA ADMINISTRATIVO	DADOS INDIRETOS (BASEADOS EM ALGUM TIPO DE CáLCULO)	DADOS ESTIMADOS
CO		T					
CO_2		T					
SO_2		T					
MATERIAL PARTICULADO		T					
SO_X		T					
HCL		T					
DIOXINAS		T					
FURANOS		T					
ORGâNICOS TóXICOS (FAVOR ESPECIFICAR)		T					
METAIS PESADOS (FAVOR ESPECIFICAR)		T					
OUTRO(S)							
OUTRO(S)							
QUAIS OS EQUIPAMENTOS DE EMISSãO ATMOSFéRICA UTILIZADOS?							

QUADRO 18: LISTA DE CHECAGEM DO INVENTáRIO DO CICLO DE VIDA DE UMA FáBRICA DE CIMENTO - EMISSõES ATMOSFéRICAS

LISTA DE CHECAGEM DO INVENTáRIO DO CICLO DE VIDA DE UMA FáBRICA DE CIMENTO:RESíDUOS SóLIDOS							
ESPECIFICAR OS RESíDUOS SóLIDOS PRODUZIDOS NO PROCESSO DEFABRICAçãO DO CIMENTO.					FONTE DOS DADOS (MARCAR X)		
TOTAL	TOTAL PRODUZIDO NO	UNIDADE	RESíDUO ENVIADO PARA	MATERIAL RECICLA	DADOS DIRETOS (DERIVADOS	DADOS INDIRETOS	DADOS ESTIMADOS

	PERíODO		DISPOSIçãO FINAL	DO DE VOLTA AO PROCESSO OU EM OUTROS PRODUTOS	DIRETAMENTE DO SISTEMA ADMINISTRATIVO	(BASEADOS EM ALGUM TIPO DE CáLCULO)	
SACO DE CIMENTO		T	%	%			
		T	%	%			
				%			
			%	%			

QUADRO 19: LISTA DE CHECAGEM DO INVENTáRIO DO CICLO DE VIDA DE UMA FáBRICA DE CIMENTO - RESíDUOS SóLIDOS

LISTA DE CHECAGEM DO INVENTáRIO DO CICLO DE VIDA DE UMA FáBRICA DE CIMENTO: EFLUENTES LíQUIDOS							
ESPECIFICAR OS EFLUENTES PRODUZIDOS NO PROCESSO DEFABRICAçãO DO CIMENTO.					FONTE DOS DADOS (MARCAR X)		
TOTAL	TOTAL UTILIZADO NO PERíODO	UNIDADE	EFLUENTE ENVIADO PARA ESTAçãO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES PARA DESCARTE	EFLUENTE REAPROVEITADO NO PROCESSO OU EM OUTROS PRODUTOS	DADOS DIRETOS (DERIVADOS DIRETAMENTE DO SISTEMA ADMINISTRATIVO	DADOS INDIRETOS (BASEADOS EM ALGUM TIPO DE CáLCULO)	DADOS ESTIMADOS
ÁGUAS OLEOSAS			%	%			
OUTROS(S)			%	%			
OUTROS(S)			%	%			
OUTROS(S)			%	%			
QUAL O TRATAMENTO RECEBIDO PELOS EFLUENTES GERADOS?.							

QUADRO 20: LISTA DE CHECAGEM DO INVENTáRIO DO CICLO DE VIDA DE UMA FáBRICA DE CIMENTO- EFLUENTES LíQUIDOS