AUTARQUIA ASSOCIADA À UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

**Modelagem sociotécnica de uma organização nuclear: estudo de caso aplicado ao
Laboratório Nacional de Metrologia das Radiações Ionizantes**

Maria Elizabeth Dias Acar

**Tese apresentada como parte dos
requisitos para obtenção do Grau de
Doutor em Ciências na Área
de Tecnologia Nuclear - Aplicações**

Orientador:

Prof. Dr. Antônio Carlos de Oliveira Barroso

São Paulo

2015

INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES
Autarquia associada à Universidade de São Paulo

**Modelagem sociotécnica de uma organização nuclear: estudo de caso aplicado ao
Laboratório Nacional de Metrologia das Radiações Ionizantes**

Maria Elizabeth Dias Acar

**Tese apresentada como parte dos
requisitos para obtenção do Grau de
Doutor em Ciências na Área
de Tecnologia Nuclear - Aplicações**

Orientador:

Prof. Dr. Antônio Carlos de Oliveira Barroso

Versão Corrigida
Versão Original disponível no IPEN

São Paulo
2015

DEDICATÓRIA

Aos meus pais,
Joseph e Accacia;

E aos meus filhos,
Giovana e Bruno.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, pelo amor e dedicação que recebi ao longo de toda a minha vida;

Aos queridos tios, Laura e Mayer, com muito afeto;

Ao Prof. Dr. Antônio Carlos de Oliveira Barroso, pela oportunidade, confiança, orientação e especialmente pela amizade construída ao longo dessa experiência;

Aos professores das bancas de qualificação e seminário de área, pelas orientações que contribuíram para enriquecer esse trabalho;

A todo o pessoal do LNMRI por acolher a ideia do projeto e pela imensa colaboração durante as entrevistas e discussões;

Ao Dr. José Ubiratan Delgado, pelas contribuições, estímulo e amizade;

A Dra. Eliana Amaral pela referência profissional, exemplo de dedicação e determinação;

A Dra. Yannick Nouailhetas com admiração, por me ensinar a crer;

Ao Dr. Luiz Fernando Conti, pela colaboração durante o período das frequentes viagens ao IPEN;

Aos amigos de São Paulo, especialmente Deives Monzani e Angela Cristina do Vale Nogueira pelo acolhimento e incentivo constantes;

Aos amigos do IRD, Carlos Eduardo Bonacossa, Paulo Roberto Ferreira, Guilherme Peixoto e Lídia Vasconcelos, pelo incentivo e apoio;

À minha irmã Angela, por dividir comigo, em alguns momentos, as responsabilidades pela guarda do meu maior tesouro, meu lar;

Às queridas amigas Arleth (maninha), Denise, Sandra e Norma, pela benção de tê-las em minha vida;

Ao IPEN, e a todos os seus funcionários, muitos deles, amigos queridos, por me receberem como um dos seus;

A todos aqueles que contribuíram para a realização deste estudo, impossível enumerá-los;

A Deus, que me deu a oportunidade da vida, de crescer e me aprimorar como ser humano.

Em especial, ao meu querido pai, Joseph Acar.

In memoriam

EPÍGRAFE

*“Autoconhecimento verdadeiro só é concedido ao homem, quando ele desenvolve afetuoso interesse por outros;
conhecimento verdadeiro do mundo o homem só alcança, quando procura compreender seu próprio ser.”*

Rudolf Steiner

MODELAGEM SOCIOTÉCNICA DE UMA ORGANIZAÇÃO NUCLEAR: ESTUDO DE CASO APLICADO AO LABORATÓRIO NACIONAL DE METROLOGIA DAS RADIAÇÕES IONIZANTES

Maria Elizabeth Dias Acar

RESUMO

Uma metodologia que combina mapeamento e análise de processos, elicitação, mapeamento e análise crítica de conhecimentos e análise sociotécnica com base em análise de redes sociais foi concebida. A metodologia foi aplicada à uma pequena organização intensiva conhecimento – LNMRI e permitiu a avaliação dos seus principais ativos intelectuais e sua capacidade de evoluir. Nesse sentido, com base em questões reais, tal como a saída de pessoas da organização, foram avaliados os impactos de prováveis cenários futuros. Para tal tarefa, foi analisada uma rede multimodal de processos, objetos de conhecimento e pessoas, utilizando-se um conjunto apropriado de métricas e meios, incluindo a avaliação das esferas de influências de nós chave. Para diferenciar a capacidade das pessoas em desempenhar diferentes papéis nos processos, alguns atributos dos nós foram utilizados como critérios de partição da rede, proporcionando assim, a capacidade de diferenciar o impacto da perda potencial de supervisores e operadores.

A metodologia proposta possibilitou: i) a identificação de objetos de conhecimento e de suas fontes; ii) a classificação desses objetos segundo sua relevância; iii) a avaliação de vulnerabilidades da estrutura da rede LNMRI e iv) revelou os mecanismos informais de partilha de conhecimento.

A metodologia concebida demonstrou ser uma ferramenta robusta para um amplo diagnóstico para subsidiar o planejamento de sucessão e também o planejamento estratégico organizacional.

SOCIOTECHNICAL MODELLING OF A NUCLEAR ORGANIZATION – CASE STUDY APPLIED TO THE IONIZING RADIATION METROLOGY NATIONAL LABORATORY

Maria Elizabeth Dias Acar

ABSTRACT

A methodology combining process mapping and analysis; knowledge elicitation mapping and critical analysis; and sociotechnical analysis based on social network analysis was conceived. The methodology was applied to a small knowledge intensive organization – LNMRI, and has allowed the appraisal of the main intellectual assets and their ability to evolve. In this sense, based on real issues such as attrition, the impacts of probable future scenarios were assessed. For such task, a multimodal network of processes, knowledge objects and people was analyzed using a set of appropriate metrics and means, including sphere of influence of key nodes. To differentiate the ability of people's role playing in the processes, some nodes' attributes were used to provide partition criteria for the network and thus the ability to differentiate the impact of potential loss of supervisors and operators.

The proposed methodology has allowed for: i) the identification of knowledge objects and their sources; ii) mapping and ranking of these objects according to their relevance and iii) the assessment of vulnerabilities in LNMRI's network structure and iv) revealing of informal mechanisms of knowledge sharing

The conceived methodological framework has proved to be a robust tool for a broad diagnosis to support succession planning and also the organizational strategic planning.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	Motivação para a pesquisa	12
1.2	O papel do LNMRI no cenário da Metrologia	13
1.3	Formulação do problema e as questões da pesquisa.....	15
1.4	Alcance da pesquisa e delimitação do assunto	16
1.5	Objetivos	17
1.5.1	Objetivo geral:	17
1.5.2	Objetivos específicos:.....	17
1.6	Justificativas e contribuições.....	17
2	REVISÃO DA LITERATURA.....	19
2.1	O conhecimento e suas características	19
2.2	O valor do conhecimento	21
2.3	Gestão do conhecimento	24
2.3.1	Evolução e conceitos da GC	24
2.3.2	Métodos e Ferramentas de GC	28
2.3.3	A perda de conhecimento organizacional.....	29
2.4	REDES SOCIAIS	38
2.4.1	Termos e conceitos de Redes Sociais	38
2.4.2	Análise de Redes Sociais.....	41
2.4.3	Métricas para análise de redes.....	46
2.4.4	Métricas de rede.....	46
2.4.5	Métricas de nós	47
3	METODOLOGIA	50
3.1	Seleção dos processos mais relevantes do LNMRI	51
3.1.1	Avaliação dos processos técnicos do LNMRI segundo a classe 1: ...	51
3.1.2	Avaliação dos processos técnicos do LNMRI segundo a classe 2: ...	52
3.2	Identificação dos conhecimentos incorporados aos processos	53
3.2.1	Mapeamento de processos	53
3.2.2	Entrevistas com especialistas	54
3.3	Classificação dos conhecimentos segundo sua relevância	55
3.4	Determinação dos graus de proficiência	57

3.5	Caracterização a meta-rede do LNMRI.....	58
3.6	Avaliação de vulnerabilidades da estrutura da rede LNMRI	58
3.6.1	Vulnerabilidades quanto aos conhecimentos	58
3.6.2	Vulnerabilidade quanto aos processos.....	60
3.6.3	Mapeamento da rede de partilha.....	64
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	65
4.1	Seleção dos processos mais relevantes do LNMRI	65
4.2	Conhecimentos incorporados aos processos técnicos mais relevantes ..	66
4.3	Classificação dos conhecimentos segundo sua relevância	66
4.4	Caracterização da meta-rede do LNMRI.....	66
4.4.1	Indicadores de redes	67
4.4.2	Indicadores de nós	68
4.5	Análise de vulnerabilidades	70
4.5.1	Vulnerabilidade quanto aos conhecimentos	70
4.5.2	Vulnerabilidade quanto aos processos.....	75
4.5.3	Análise da rede de partilha informação e conhecimento	79
5	CONCLUSÕES	86

APÊNDICES

APÊNDICE A - Identificação dos processos técnicos do LNMRI	92
APÊNDICE B - Resultado da Avaliação da relevância dos processos técnicos do LNMRI.....	93
APÊNDICE C - Roteiro para entrevistas	94
APÊNDICE D - Lista de conhecimentos	95
APÊNDICE E - Resultados do processo de autoavaliação	112
APÊNDICE F - Dados da avaliação de relevância dos conhecimentos	119
APÊNDICE G - Detalhamento das Atividades para identificação das esferas de influência de conhecimentos	125
APÊNDICE H - Detalhamento das atividades para a análise de vulnerabilidades - Partições	131
APÊNDICE I - MATRIZ DA REDE DE PARTILHA	139
APÊNDICE J - Dados de aposentadoria	140

ANEXOS

ANEXO A - FLUXOGRAMA DO PROCESSO CAMn	143
ANEXO B - FLUXOGRAMA DO PROCESSO EspY	146

TABELAS

TABELA 1 - Resultados de indicadores de rede	67
TABELA 2 - Indicadores de nós	68
TABELA 3 - Graus de proficiência requeridos para as funções de operação e supervisão	70
TABELA 4 - Previsão de aposentadoria de supervisores atuais e possíveis substitutos	77
TABELA 5 - indicadores da rede de partilha	80
TABELA 6 - Indicadores e atributos de atores mais relevantes	83
TABELA 7 - Notas atribuídas aos processos em cada critério adotado	93
TABELA 8 - Notas dos objetos de conhecimento por critério de avaliação	119

QUADROS

QUADRO 1 - Exemplo de Meta-matriz	45
QUADRO 2 - Critérios para avaliar a criticidade do conhecimento	56
QUADRO 3 - Pessoas proficientes	71
QUADRO 4 - Pessoas aptas a substituir os supervisores nos cenários considerados	76
QUADRO 5 - Ilustração do provável processo de substituição dos supervisores no cenário 4	78
QUADRO 6 - Lista dos processos técnicos do LNMRI e suas abreviaturas	92
QUADRO 7 - Descrição dos conhecimentos dos processos do LNMRI e suas abreviaturas	95
QUADRO 8 - Matriz que representa a relação “pessoas que possuem tal conhecimento em tal grau”	112
QUADRO 9 - Matriz que representa a relação: “A quem você recorre quando tem dúvidas ou deseja discutir algum assunto relacionado ao seu trabalho?”.	139

FIGURAS

FIGURA 1- Hierarquia do Sistema Metrológico.....	14
FIGURA 2 - Inter-relação entre dado, informação e conhecimento	20
FIGURA 3 - Importância da GC em ganhos de produtividade	23
FIGURA 4 - Modelo SECI de criação de conhecimento.....	26
FIGURA 5 - Rede com quatro nós	38
FIGURA 6 - Rede de comunicação de funcionários da HP	40
FIGURA 7 - Grafo valorado e direcionado e sua matriz correspondente	42
FIGURA 8 - Ego-Network do conhecimento SinalPpalOtimiz_4 $\pi\beta Y$ - operação ...	59
FIGURA 9 - Ego-Network do conhecimento SinalPpalOtimiz_4 $\pi\beta Y$ - supervisão.	60
FIGURA 10 - Rede LNMRI_PrFtes	62
FIGURA 11 - Rede de proficiência (LNMRI_Pr_Ftes_0.8).....	63
FIGURA 12 - Distribuição do nº de pessoas proficientes - operação	72
FIGURA 13 - Distribuição do nº de pessoas proficientes - supervisão.....	73
FIGURA 14 - Rede de partilha de informação e conhecimento	80
FIGURA 15 - Graus de saída da rede de Partilha.....	82
FIGURA 16 - Distribuição dos atores quanto aos graus de saída e entrada.....	84
FIGURA 17 - Janela inicial do ORA - Criação de redes.....	125
FIGURA 18 - Janela do ORA para inserção dos dados de rede	125
FIGURA 19 - Janela inicial do ORA - seleção da rede de origem.....	126
FIGURA 20 - Janela para a remoção de <i>Links</i>	126
FIGURA 21 - Janela para a seleção dos <i>links</i> a serem removidos	127
FIGURA 22 - Janela do ORA para a visualização da rede	127
FIGURA 23 - Janela para a remoção de links.....	128
FIGURA 24- Janela do ORA para a seleção dos <i>links</i> a serem removidos	128
FIGURA 25 - Janela do ORA para a obtenção das esferas de influência	128
FIGURA 26 - Janela do ORA para a seleção do nó conhecimento.....	129
FIGURA 27 - Ego-Network do conhecimento EspecDeconv_Mn - operação	129
FIGURA 28 - Ego-Network do conhecimento EspecDeconv_Mn – supervisão ..	130
FIGURA 29 - Janela do ORA para a seleção do tipo de nó	131
FIGURA 30 - Janela do ORA para a seleção de todos os nós.....	131
FIGURA 31 - Janela do ORA - seleção dos conhecimentos de interesse	132
FIGURA 32 - Janela do ORA – remoção de conhecimentos da rede	132
FIGURA 33 - Janela do ORA para a remoção de links	133
FIGURA 34 - Janela do ORA para a seleção dos <i>links</i> a serem removidos	133
FIGURA 35 - Rede LNMRI_PrFtes_M4	134
FIGURA 36 - Janela do ORA para a criação de atributos.....	134
FIGURA 37 - Janela do ORA para o cálculo da centralidade de linha	135
FIGURA 38 - Janela do ORA com os atributos dos nós – centralidade de linha.	135
FIGURA 39- Rede de grau de proficiência (LNMRI_Pr_Ftes_M4_0.8).....	136
FIGURA 40 - Janela do ORA para criar novos atributos.....	136
FIGURA 41 - Janela do ORA para a criação de novos atributos	137
FIGURA 42 - Janela do ORA para inserção dos valores de novos atributos	137

FIGURA 43 - Janela do ORA para seleção do critério de partição da rede	137
FIGURA 44 - Janela do ORA para partição da rede.	138

ABREVIATURAS E SIGLAS

ARS - Análise de redes sociais

BIPM - *Bureau International des Poids et Mesures*

CNEN - Comissão Nacional de Energia Nuclear

GC - Gestão do conhecimento

IAEA - *International Atomic Energy Agency*

INM - Instituto Nacional de Metrologia

INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia

IRD - Instituto de Radioproteção e Dosimetria

LNMRI - Laboratório Nacional de Metrologia das Radiações Ionizantes

OECD - *Organisation Economic Cooperation and Development*

ORA - *Organization Risk Analyzer* (Software desenvolvido pelo *Center for the Computational Analysis of Social and Organization Systems* - Carnegie Mellon University)

SI - Sistema Internacional de Unidades

1 INTRODUÇÃO

1.1 Motivação para a pesquisa

O Instituto de Radioproteção e Dosimetria (IRD) é uma organização de pesquisa, desenvolvimento e ensino, da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), que atua nas áreas de proteção radiológica, dosimetria e metrologia. Por meio de seu Laboratório Nacional de Metrologia das Radiações Ionizantes (LNMRI), o IRD é responsável, por desenvolver no Brasil, atividades de metrologia científica e industrial no campo das radiações ionizantes, como instituição designada pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO), conforme abordado na seção 1.2. Essa missão, de caráter único, inclui, entre outras responsabilidades, deter a guarda de padrões metrológicos de referência nacional e prover a rastreabilidade das medições, realizadas no País, ao Sistema Internacional de Unidades (SI).

No contexto das aplicações da tecnologia nuclear, a metrologia das radiações ionizantes, é essencial para que as medições sejam realizadas com a qualidade e a confiabilidade requeridas e conseqüentemente, para que as práticas que utilizam a tecnologia nuclear sejam executadas, observando-se os requisitos de radioproteção e segurança tanto do público, de trabalhadores como também do meio ambiente.

Desde a sua criação, em 1972, o IRD vem adquirindo competência na sua área de atuação, de caráter interdisciplinar, tanto em termos de sua infraestrutura laboratorial como de recursos humanos. Atualmente o IRD possui em sua força de trabalho técnico-científica, cerca de 260 funcionários permanentes, dos quais, aproximadamente, 23% são doutores e 20% mestres. Contudo, a manutenção de suas principais atividades vem sendo ameaçada há muito tempo em razão da contínua redução de seu capital humano, agravada pela perspectiva de aposentadoria de seus servidores cuja idade média atual é de 55 anos. Em um levantamento realizado no ano de 2008, pelo setor de Recursos Humanos, por solicitação da Diretoria do Instituto, foi estimada uma perda dramática de cerca de 50% de seu pessoal, nos cinco anos seguintes, como ainda vem ocorrendo.

Diante deste cenário preocupante, que não é uma realidade somente do IRD, é de fundamental importância que seja realizada uma análise do ponto de

vista do comprometimento das atividades do Instituto, para que ações que assegurem sua continuidade sejam tomadas.

A seguir, é apresentado um breve relato sobre o papel do LNMRI/IRD como Instituto Designado.

1.2 O papel do LNMRI no cenário da Metrologia

Em todos os campos das Ciências é unânime o entendimento de que só é possível conhecer um fenômeno ou um processo de maneira ampla e satisfatória, quando é possível medi-lo e expressá-lo através de números.

Definida como a “ciência da medição” a metrologia tem como foco principal prover confiabilidade, credibilidade, universalidade e qualidade às medidas. Como as medições estão presentes, direta ou indiretamente, em praticamente todos os processos de tomada de decisão, a abrangência da metrologia é imensa, envolvendo a indústria, o comércio, a saúde, a segurança, a defesa e o meio ambiente (CBM, 2008).

Para assegurar o contínuo desenvolvimento tecnológico capaz de atender às necessidades da sociedade é importante que se disponha de uma estrutura metrológica essencialmente hierárquica e robusta, capaz de prover confiabilidade, rastreabilidade, universalidade e qualidade às medições realizadas.

Com essa finalidade, a Metrologia em todo o mundo no mais alto nível opera através de uma rede bem estabelecida de institutos nacionais de metrologia (INM) e institutos designados.

A coordenação da estrutura internacional da metrologia é exercida pelo *Bureau International des Poids et Mesures* (BIPM). Nessa estrutura cada país, signatário da Convenção do Metro, é representado por seus institutos nacionais de metrologia, que se responsabilizam pelos padrões metrológicos nacionais e pela gestão e operação das funções estratégicas inerentes ao topo da cadeia de rastreabilidade no país.

A estrutura internacional da Metrologia é representada na FIG. 1.

As referências dessa estrutura, indicadas no seu topo, são as definições das unidades básicas de medida do SI. No nível imediatamente abaixo se situa o BIPM, que é o laboratório que detêm a guarda dos padrões internacionais de medição e é responsável pela disseminação das unidades do SI aos Institutos Nacionais de Metrologia dos países signatários da Convenção do

Metro, que estabeleceu essa lógica hierárquica. Aos INM de cada país cabe a guarda dos padrões nacionais e a disseminação das unidades do SI para os padrões de referência dos laboratórios de calibração e ensaio acreditados de seus respectivos países.

Os padrões de referência de outros laboratórios são calibrados em relação aos padrões dos laboratórios de calibração acreditados.

Na base da estrutura, situam-se os padrões de trabalho dos usuários (indústria, instituições de saúde e pesquisa, universidades, entre outros.), utilizados para calibrar ou controlar outros equipamentos e cuja calibração provém dos padrões de referência fornecidos pelos laboratórios de calibração acreditados.

FIGURA 1- Hierarquia do Sistema Metrológico

Fonte: Adaptado de <http://www.inmetro.gov.br/metcientifica/estrutura.asp>

Os INM podem atuar em determinadas áreas, em parceria com outros institutos por designação de responsabilidades. Nestes casos, os institutos designados são caracterizados por atuação nacional, grande comprometimento com a metrologia, estabelecido em sua Missão, bem como grande competência e reconhecimento científico.

O Instituto Nacional de Metrologia no Brasil é o INMETRO, que atua em parceria com dois laboratórios designados: o Laboratório Nacional de

Metrologia das Radiações Ionizantes do IRD, e o Laboratório Primário de Tempo e Frequência da Divisão Serviço da Hora, do Observatório Nacional.

Sendo parte dessa estrutura o IRD desempenha um papel fundamental para a sua manutenção. Como “Instituto designado”, cabe ao IRD por meio, do LNMRI exercer as atividades de Metrologia científica e industrial na área de radiações ionizantes como referência metrológica nacional, impactando diretamente todas as práticas que utilizam a tecnologia nuclear no país.

Assim sendo, a capacitação do IRD e sua responsabilidade exclusiva que é tão determinante para o uso seguro da tecnologia nuclear, implicam na obrigação de que a instituição seja capaz de gerir seu capital intelectual, assegurando que toda sua expertise advinda de 35 anos de atuação seja preservada e permanentemente atualizada.

Muito embora a GC não seja formalmente considerada no IRD, muitas práticas de gestão da instituição podem ser destacadas como iniciativas pontuais de GC. Portanto, ainda que de forma não sistematizada, “conhecimentos são geridos” possibilitando, de algum modo, a preservação e a evolução do conhecimento necessário para as atividades do instituto. Porém, não é possível avaliar a eficiência e a eficácia de tais práticas, já que não é possível quantificar seus resultados e efeitos em longo prazo.

1.3 Formulação do problema e as questões da pesquisa

Tendo em vista as considerações anteriores o problema da pesquisa concentra-se em “concatenar e testar uma metodologia para perceber e avaliar como perdas de conhecimento podem ocorrer e colocar em perigo a capacidade futura de uma organização exercer sua missão”. No caso em questão a aplicação e teste da metodologia foram realizados no LNMRI.

Para possibilitar a abordagem sistemática do problema ele foi desdobrado nas seguintes questões de pesquisa:

- Quais são os processos da organização que se interrompidos, teriam o maior impacto na missão e na visão do IRD e também nos usuários finais?
- Quais os conhecimentos relacionados a esses processos?
- Quem são os principais atores destes conhecimentos, seus atributos e como eles se relacionam entre si?

- Quais desses conhecimentos são críticos, considerando o risco e o impacto de sua perda?
- Que pessoas causariam maior impacto negativo caso deixassem o LNMRI?
- Qual é a vulnerabilidade desse sistema?

Métodos e técnicas de GC e de análise de redes sociais foram utilizados para detalhar, discutir e responder às questões enunciadas acima.

A seguir são apresentados o alcance da pesquisa e os objetivos pretendidos.

1.4 Alcance da pesquisa e delimitação do assunto

Para delimitar o escopo do trabalho, foi definido como objeto de estudo o LNMRI, devido à sua singular importância estratégica para o país, conforme apresentado nas seções 1.1 e 1.2.

Embora ciente da importância dos processos administrativos, notadamente aqueles relacionados aos clientes e fornecedores, somente os processos técnicos foram abordados neste estudo. Isso porque são principalmente esses, cuja condução encontra-se fundamentada nas competências estratégicas únicas e distintivas, que conferem ao LNMRI/IRD seu papel no cenário da metrologia das radiações ionizantes e o habilitam para o cumprimento de sua missão, em consonância com sua visão de futuro. Uma vez identificados os processos técnicos, foram selecionados os mais importantes segundo critérios estabelecidos em comum acordo com a chefia do LNMRI. Para esse conjunto de processos foram identificados os conhecimentos que habilitam a sua execução, com a qualidade requerida, assim como, as pessoas que os detêm e em que grau. A partir desta extensa lista, foram selecionados os conhecimentos mais relevantes, segundo métricas sugeridas na literatura e acordadas em conjunto com a chefia do LNMRI.

Uma metodologia para avaliar o risco potencial de perda de conhecimento e questões relacionadas à sua transferência foi desenvolvida, por meio da integração de mapeamento de processos, elicitación dos conhecimentos habilitantes, identificação dos conhecimentos críticos e análise de redes para modelar impactos no conhecimento da organização.

A Metodologia compreende as seguintes etapas:

- Desenvolvimento de uma modelagem sócio técnica, a partir dos dados obtidos relacionando processos x conhecimento; pessoas x conhecimento;
- Medição de Indicadores e análise de cenários para avaliação de riscos.
- Para fins de complementação, foi mapeada a rede social para a mesma população considerando a pergunta: A quem você recorre quando tem dúvidas ou deseja discutir algum assunto relacionado ao seu trabalho?

1.5 Objetivos

Com base no problema de pesquisa apresentado, foram estabelecidos o objetivo geral e os objetivos específicos para este estudo, conforme descrito a seguir:

1.5.1 Objetivo geral:

Desenvolver uma metodologia para caracterização dos principais ativos intelectuais do LNMRI e de sua capacidade de evolução.

1.5.2 Objetivos específicos:

- Mapear e caracterizar os principais conhecimentos do LNMRI;
- Identificar e caracterizar a meta-rede do LNMRI formada por processos, conhecimentos e pessoas;
- Avaliar o risco de perda de conhecimento organizacional a partir de métricas de Análise de redes (AR);

1.6 Justificativas e contribuições

A realização desta pesquisa está fundamentada nos seguintes aspectos:

- O fato do impacto da perda de conhecimento em organizações ser uma área pouco explorada da gestão estratégica (Massingham 2008). Estimar o impacto que pode ser causado quando funcionários que detêm conhecimentos de valor deixam a organização, pode contribuir para a formulação de medidas adequadas e assim mitigar ou mesmo evitar a perda de conhecimento organizacional;
- Dado que a perda de conhecimento é um evento tão significativo para as empresas e pouco pesquisado (Parise et al., 2006), esta

pesquisa adota uma abordagem de estudo de caso exploratório para desenvolver novos insights sobre essa questão.

- A importância e a demanda por estudos de perda de conhecimento em uma instituição com funções de Estado com as características do IRD/LNMRI, no Brasil;
- Na vasta revisão da literatura sobre o tema da Tese não foi encontrada qualquer abordagem, associando as técnicas tradicionais de GC e a análise de redes sociais para diagnóstico do conhecimento organizacional.

Os resultados deste trabalho poderão ser utilizados como base para uma discussão mais aprofundada e para a tomada de decisões, relacionadas à questão da perda de conhecimento e suas prováveis implicações para o desempenho no próprio LNMRI, do IRD e dos demais institutos da CNEN afetados pelo mesmo problema.

Além disso, a metodologia desenvolvida permite a modelagem de quaisquer outros atributos de interesse e pode ser utilizada em qualquer tipo de organização.

A seguir, é apresentada a revisão da literatura que permitiu identificar as áreas do conhecimento e os referenciais teóricos que constituíram as bases metodológicas para o desenvolvimento da pesquisa e para responder as questões formuladas.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 O conhecimento e suas características

Como qualquer outro recurso organizacional, o conhecimento deve ser gerido de forma adequada, e assim contribuir para que os resultados pretendidos sejam atingidos. Para tal, é necessário que sejam conhecidas as suas características, que são bem diferentes daquelas de outros recursos também importantes, porém mais tangíveis e fáceis de caracterizar que o conhecimento.

O uso do conhecimento não acarreta seu consumo ou destruição; ao contrário, ele aumenta na medida em que é utilizado e aplicado para determinada finalidade, especialmente quando é compartilhado (Dalkir, 2005; Passerini, 2007).

O conhecimento não é um processo estático e linear, é dinâmico, cíclico e precisa de pessoas constantemente envolvidas com informações e geração de novos conhecimentos, que são utilizados para sustentar decisões (Gandhi, 2004). Sua transferência não resulta em perda, porém ele pode se dissipar ou ser perdido caso não seja usado (Dalkir, 2005; Swart & Harvey, 2011).

Como o conhecimento é um atributo de pessoas, sua gestão é indireta na sua essência; é possível estimular seu compartilhamento, contudo os atos de ensinar e de aprender são determinados pela vontade dos atores e requerem um processo de confiança mútua entre quem transmite e quem recebe o conhecimento, o que envolve questões culturais e de valores (Kim, Hong e Shu 2012; Kim et al. 2009).

De acordo com Lee & Gibson (2002) a *Organisation Economic Cooperation and Development* (OECD), distingue quatro tipos de conhecimento: *know-what* (saber o que), *know-how* (saber como), *know-why* (saber por que), e *know-who* (saber quem). O primeiro refere-se ao conhecimento sobre fatos e se aproxima do conceito de informação. O segundo tipo, *know-how*, está relacionado à habilidade ou à capacidade de fazer algo. *Know-why* consiste em saber por que algo é feito de determinada forma; refere-se ao conhecimento científico dos princípios e leis da natureza, das relações de causa e efeito. Esse tipo de conhecimento constitui a base do desenvolvimento tecnológico e possibilita a formação de redes de relacionamento para a solução de problemas (Quinn et al. 2001). Finalmente, *know-who* envolve a informação a respeito de quem sabe o quê e quem sabe como fazer o quê; está relacionado à formação de relações

sociais especiais que tornam possível o acesso a especialistas e seus conhecimentos.

Cada um dos tipos de conhecimento pode ser obtido de formas diferentes (Lee & Gibson 2002). Enquanto *know-what* e *know-why* podem ser obtidos em livros, palestras e bancos de dados já que podem ser codificados, os outros dois tipos de conhecimento estão presentes principalmente na experiência prática. *Know-how* é adquirido em situações em que um aprendiz segue um mestre e confia nele como uma autoridade. *Know-who* é adquirido na prática social; é o conhecimento socialmente incorporado, que não pode ser facilmente transferidos através de canais formais de informação.

Nonaka & Takeushi (1997) classificaram o conhecimento humano, quanto à sua natureza, em dois tipos: tácito e explícito.

O conhecimento explícito é facilmente transmitido, sistematizado e comunicado e pode ser armazenado, por exemplo, em documentos, manuais, bancos de dados ou outras mídias. O conhecimento tácito não se encontra formalizado em meios concretos; não pode ser codificado e refere-se ao conhecimento dinâmico, difícil de ser articulado na linguagem formal já que reside na mente das pessoas. Ele está incorporado à experiência individual - é comunicado através de práticas, histórias compartilhadas e envolve fatores intangíveis como, por exemplo, valores, *insights*, habilidades etc.

O conhecimento é abundante, mas a capacidade de usá-lo é escassa; “*muito do conhecimento valioso de uma organização sai pela porta no final do dia*”, já que ele está incorporado na mente de seus funcionários (Dalkir, 2005).

Outro aspecto característico do conhecimento é a sua inter-relação com dois elementos: informação e dado. Tal inter-relação é representada na FIG. 2, a seguir.

FIGURA 2 - Inter-relação entre dado, informação e conhecimento

Na visão de Davenport & Prusak (1998) e Dalkir (2005), dados são o resultado de uma simples observação, um fato; podem ser quantificados, interpretados ou processados por pessoas ou por meio de máquinas. Quando dados são interpretados e dotados de relevância e propósito eles passam a se constituir em informação.

Segundo Davenport & Prusak (1998), o conhecimento é um conjunto de experiências, valores, informação contextualizada e intuição que possibilita, a uma determinada estrutura, avaliar e incorporar novas experiências e informações. O conhecimento é uma forma mais subjetiva do saber; é geralmente baseado em dados empíricos ou individuais, percepções e experiência. Dados são necessários à criação da informação que por sua vez, está intimamente relacionada ao processo de criação do conhecimento; dados e informações combinadas com experiências contextualizadas é que podem gerar conhecimentos importantes.

Na visão de Liew (2007), o conhecimento é a capacidade de agir e compreender, que reside ou está contida na mente das pessoas. Esta capacidade consiste em saber o que (*know what*), saber como (*know how*) e saber por que (*know why*).

Uma abordagem do conhecimento do ponto de vista da ciência da cognição apresentada por Baptista-Filho (2005), parte da premissa de que a atividade mental fundamental de pensar pode resultar em conhecimento que surge como *insight*. Esse conhecimento na forma de *insight* se transforma e passa a viver na mente como um recurso que é utilizado quando dele se necessita.

2.2 O valor do conhecimento

O ponto focal na ciência da Administração é descobrir e formular "*leis de comportamento*", para aumentar a produtividade (Tzortzaki & Mihiotis, 2014).

Paralelamente, uma questão que está sempre em evidência no pensamento de líderes de organizações bem sucedidas é a busca de melhores formas para aprimorar o desempenho e os resultados organizacionais (Wiig, 1997).

Ocorre que muitas vezes, mudanças no macro ambiente em que as organizações estão inseridas, que podem compreender os aspectos político, ambiental, jurídico, sociocultural, demográfico e econômico, tornam insuficientes

as práticas anteriormente utilizadas e demandam novas abordagens de gestão. Ocorre, assim, uma quebra de paradigma cuja compreensão necessita de uma análise em um contexto histórico da evolução contínua da maneira de se administrar.

A gestão explícita e sistemática do conhecimento, como outras abordagens de gestão empresarial, decorreu de alguns fatos marcantes e grandes desenvolvimentos que causaram mudanças significativas no mundo, iniciadas após a segunda guerra mundial, com a demanda por produtos e serviços com conhecimento agregado e com o surgimento da tecnologia da informação (Wiig, 1997).

Essas mudanças se intensificaram principalmente no final do século passado e início do século atual. A principal delas, o advento da internet, possibilitou o acesso a fontes ilimitadas de conhecimento e promoveu um grande aumento da capacidade humana de se comunicar e difundir informações (Dalkir, 2005; Terra, 2005). Por outro lado, a modernização dos transportes, especialmente o marítimo, contribuiu de forma significativa para o crescimento do fluxo comercial mundial (importação e exportação).

A conjunção desses fatores fez com que a noção tradicional de tempo e espaço fosse ultrapassada e impulsionou o processo de aprofundamento da integração econômica, social, cultural, política entre diferentes países – a globalização.

O fenômeno da globalização possibilitou uma grande expansão nos mercados, mas, também trouxe para o dia a dia das empresas o aumento cada vez mais acirrado da concorrência, que transformou radicalmente a noção de valor do conhecimento como recurso organizacional. Esse ativo, que era valorizado como uma importante ferramenta de crescimento individual passou a ser amplamente reconhecido como o fator mais importante da produção e geração de riqueza; indispensável para o sucesso e viabilidade das empresas no atual contexto econômico dinâmico e de concorrência acirrada, em que a inovação de produtos, processos e serviços deixou de ser uma opção para tornar-se regra (Wiig, 1997; Stewart, 1998; Davenport & Prusak, 1998; Lee & Gibson, 2002; Roth, 2003, Huang, 2009).

De acordo com Davenport & Prusak (1998), a única vantagem sustentável que uma empresa tem é aquilo que ela sabe coletivamente. Mais

relevante do que o conhecimento de um indivíduo é o conhecimento coletivo e a rapidez com que a empresa adquire novos conhecimentos e os incorpora aos seus produtos e serviços de forma criativa e inovadora (Stewart, 1998; Lee & Gibson, 2002; Passerini, 2007). Para que essa dinâmica ocorra, as empresas devem criar e manter seu capital intelectual o que requer a gestão do conhecimento de forma sistematizada (Wiig, 1997).

A importância do conhecimento no contexto organizacional foi evidenciada no relatório “*Foresight 2020 – Economic, industry and corporate trends*” de 2006. O documento apresentou o resultado de uma pesquisa realizada entre 1656 executivos seniores de vários países do mundo, com o objetivo de identificar as áreas de atividade gerencial que ofereceriam o maior potencial para ganhos de produtividade nos 15 anos seguintes à pesquisa. Os resultados obtidos são observados na FIG. 3 e indicaram que das 12 áreas avaliadas, a área de GC foi apontada por 43% dos respondentes.

FIGURA 3 - Importância da GC em ganhos de produtividade
 Fonte: “*Foresight 2020-Economic, industry and corporate trends*”, 2006

Segundo Lee (2001) a GC envolve quatro componentes principais: capturar, armazenar, compartilhar e utilizar o conhecimento, sendo que compartilhar o conhecimento é apontado como o componente mais importante; aquele que possibilita a transformação de conhecimento individual em conhecimento organizacional. Esses processos integram o ciclo da GC e

envolvem três elementos fundamentais; pessoas, processos e tecnologia (IAEA, 2009).

Como a maioria do conhecimento organizacional está na mente das pessoas que constituem o corpo de funcionários da organização, se o conhecimento é crítico para o seu desempenho, a pessoa que o detém passa a ser imprescindível, o que torna a sua saída uma potencial ameaça de perda desse recurso.

A GC cresceu a partir da experiência de profissionais de empresas que desenvolveram e aplicaram os primeiros conceitos dessa área em contextos organizacionais (Serenko & Bontis, 2013). Por outro lado, teóricos da Administração como Peter Drucker, Peter Senge, Ikujiro Nonaka e Thomas Stewart, para citar alguns, também contribuíram de forma significativa para o desenvolvimento de conceitos, ferramentas e metodologias e que constituem o que é hoje a gestão do conhecimento (Dalkir, 2005).

2.3 Gestão do conhecimento

2.3.1 Evolução e conceitos da GC

A GC foi inicialmente caracterizada com foco no conteúdo, visando à eficiência operacional, ou seja, o conhecimento das pessoas deveria ser armazenado para que pudesse ser útil no futuro (Nonaka e Takeushi, 1995; Dalkir, 2005; Levy, 2011; Tzortzaki & Mihliotis, 2014). Nesse sentido a GC foi definida como *“uma abordagem sistematizada para capturar, estruturar, gerenciar e disseminar o conhecimento em toda a organização com o propósito de tornar seus processos mais rápidos, reutilizar melhores práticas e reduzir o retrabalho”* (Dalkir, 2005). Esse enfoque é frequentemente referido na literatura como a primeira fase da CG em que o conhecimento é considerado como objetos que podem ser identificados e tratados através de sistemas de informação e está relacionada à representação do conhecimento explícito. Nesse período as pessoas eram encorajadas a partilhar os seus conhecimentos, sob a forma de documentos escritos, por meio de portais e bases de conhecimento (Wiig, 1997; Serenko, 2013).

Entretanto, a simples aquisição de soluções tecnológicas se mostrou insuficiente uma vez que o conhecimento é o elemento principal de um processo de relações cognitivas e faculdades humanas; está relacionado à interação entre as pessoas e seus processos de aprendizado.

A partir dessa premissa, a tecnologia passou a ser vista como uma ferramenta para gerir o conhecimento (Serenko, 2013). Outro enfoque, com ênfase no contexto e não mais no conteúdo, foi incorporado à GC, através da gestão do capital intelectual - medidas de resultados não financeiros e a valoração de ativos intangíveis passaram a ser utilizados na composição do patrimônio organizacional (Stewart, 1998 e Tzortzaki & Miholiotis, 2014).

Embora alguns dos ativos de capital intelectual sejam mais visíveis – patentes e propriedade intelectual - na maioria das vezes são constituídos por *know how*, *know why*, experiências e conhecimentos que em geral são detidos apenas por algumas pessoas e que podem ser utilizados para gerar riqueza (Stewart, 1998).

Como o conhecimento, o capital intelectual não pode ser gerenciado diretamente, porém, a partir de seu desdobramento em capital humano, capital estrutural e capital do cliente, todos esses elementos intangíveis podem ser medidos e direcionados para investimentos. O capital humano - pessoas que são fonte de inovação e renovação - é difícil de substituir e possui muito valor agregado. No entanto indivíduos inteligentes só são capazes de tornar empresas inteligentes diante de um contexto, quando compartilham e transmitem ideias e conhecimento. Isso exige ativos intelectuais estruturais – sistemas de informação, laboratórios, patentes e capacidade gerencial que potencializam e transformam conhecimento individual em conhecimento coletivo. O capital do cliente é o valor dos relacionamentos de uma empresa com as pessoas com as quais faz negócio e expressa a força do nome da empresa (Stewart, 1998).

Conforme mencionado anteriormente em 2.1, em um estudo pioneiro sobre o processo de geração e uso do conhecimento em empresas japonesas, Nonaka & Takeushi (1997) classificaram o conhecimento humano em dois tipos: conhecimento tácito e conhecimento explícito. A partir da premissa de que a interação social promove a criação e expansão do conhecimento humano, os autores descreveram o processo de criação do conhecimento por meio da mobilização e conversão do conhecimento tácito para explícito e vice versa, num ciclo contínuo. Este ciclo - modelo SECI, ou espiral SECI - é constituído de quatro etapas: socialização, externalização, combinação e internalização e possibilita a conversão do conhecimento individual em conhecimento organizacional.

A FIG. 4 a seguir, ilustra o modelo SECI ressaltando a natureza dinâmica do conhecimento.

FIGURA 4 - Modelo SECI de criação de conhecimento

Fonte: Adaptado de Nonaka & Takeushi, 1997.

Socialização é o compartilhamento do conhecimento tácito, por meio da observação, imitação ou prática - tipicamente, é o modo de transmissão de conhecimento na convivência do aprendiz com o mestre (tácito para tácito).

Externalização é o processo de conversão do conhecimento tácito em explícito, e sua comunicação ao grupo (tácito para explícito).

Combinação é o processo de disseminação e sistematização do conhecimento explícito; é quando o conhecimento adquire um padrão comum de entendimento (explícito para explícito).

Internalização é a apropriação do conhecimento explícito por um indivíduo, e sua compreensão dentro dos seus próprios modelos mentais. Esse processo se dá quando novos conhecimentos explícitos são compartilhados com outras pessoas, que os incorporam, ampliando e reestruturando seu próprio conhecimento tácito (explícito para tácito). Dessa maneira é possível transformar o aprendizado individual em organizacional.

Segundo Nonaka & Takeuchi (1997) as organizações baseadas no conhecimento dependem da gestão de seus recursos, sobretudo dos recursos humanos, como fontes principais das suas habilidades e capacidades. Como os recursos humanos são inconstantes e governados por interesses próprios, as

organizações buscam converter os conhecimentos tácitos e despercebidos, em conhecimento organizacional, para construir seu acervo de competências.

A conversão do conhecimento individual em conhecimento organizacional amplia os estoques de conhecimento na empresa, estimula a inovação e o ponto de partida para promover sua transição para uma comunidade baseada no conhecimento capaz de criar vantagem competitiva sustentável (Tzortzaki & Mihliotis, 2014).

Segundo Tsoukas & Vladimirou (2001) e Jennex et al. (2014), conhecimento organizacional é o conhecimento considerado no contexto de uma empresa – é a capacidade que os membros dessa empresa detêm e utilizam para produzir novos conhecimentos e se distinguir na maneira de realizar seu trabalho, em contextos específicos, o que significa que essa capacidade é acionável e desenvolvida gradualmente.

Uma organização na era do conhecimento é aquela que aprende, memoriza e age com base no que há de melhor em termos de informação, conhecimento e *know-how* (Dalkir, 2005).

O compartilhamento do conhecimento adquiriu nova dimensão com o advento da internet e sua utilização como uma ferramenta comercial - a condução dos negócios passou a ser caracterizada por um novo padrão de comunicação em redes e “os processos de transferência e criação de conhecimento passaram a acontecer no contexto de uma rede ao invés de numa simples organização independente” (Tzortzaki & Mihliotis, 2014).

Kim et al. (2009) destacam que as abordagens de GC que antes utilizavam repositórios de conhecimentos para “coletar e compartilhar”, evoluiu para “encontrar e transferir” conhecimentos por meio de redes. Isso se traduz em uma atitude de colaboração; o foco está no incentivo à criação do conhecimento por meio da partilha voluntária de conhecimento dentro das organizações, entre organizações e com parceiros externos, clientes e fornecedores (Tzortzaki & Mihliotis, 2014).

A partir dessa perspectiva só é possível converter o conhecimento individual em organizacional quando funcionários são motivados, através da cultura da empresa, a compartilhar voluntariamente experiências e utilizar o conhecimento coletivamente. Esse processo é mais bem sucedido quando são

adotados estilos de gestão por liderança e “*mentoring*” ao invés daqueles baseados em estruturas hierárquicas de poder (Roth, 2003).

Dalkir (2005) apresentou, de forma resumida, alguns objetivos típicos da GC:

- Facilitar a transição de quem se aposenta para aqueles que são recrutados para preencher suas posições;
- Minimizar a perda de memória organizacional, devido à rotatividade de pessoal;
- Identificar os recursos críticos e áreas críticas de conhecimento para a organização, o que compreende: “Saber o que se sabe, saber como fazer e por que”;
- Construir e pôr em prática um conjunto de ferramentas e de metodologias que podem ser utilizados com indivíduos, com grupos, e com a organização para conter a perda potencial do capital intelectual.

Embora tenham sido desenvolvidas muitas metodologias de GC, novas tecnologias de informação, colaboração virtual e comunicação, é importante destacar a visão de Terra (2005) que enfatiza o fato de que a GC envolve, principalmente, uma mudança de cultura, raciocínio e foco gerencial, uma vez que, “GC não se implanta, se pratica”.

2.3.2 Métodos e Ferramentas de GC

Há diversos métodos e ferramentas que podem ser utilizados na GC (IAEA, 2011).

Nos métodos de transferência direta, ferramentas como *coaching*, *mentoring* e *story telling*, comunidades de prática e construção de redes, são bastante utilizados. Os métodos indiretos - difusão de conteúdo impresso ou digital, engenharia do conhecimento e construção da memória organizacional - são baseados na captação e explicitação do conhecimento, que é estruturado em repositórios, que constituirão a memória da organização. Outros exemplos envolvem a transferência de informação/ conhecimento por meio de infraestrutura de TI como são os diretórios de especialistas ou “páginas amarelas” e os portais corporativos.

Métodos diretos como *e-learning*, lições aprendidas e *benchmarking*, referem-se aos mecanismos de aprendizagem e há ainda os métodos de decisão

baseados em conhecimento como sistemas de indicadores (*Balance Scorecard*), inteligência competitiva entre outros (Dalkir, 2005; Ricciardi, 2009; IAEA, 2011).

2.3.3 A perda de conhecimento organizacional

A literatura aborda a questão da perda de conhecimento organizacional a partir de várias causas e de diferentes perspectivas de gestão - organizacional, do conhecimento e de recurso humanos (deHolan & Philips, 2004; Massingham, 2008; Van Winkelen & McDermott, 2008; Levy, 2011; Schmitt et al., 2011, Martins and Meyer, 2012, Durst & Wilhelm, 2013).

A perda de conhecimento está intimamente relacionada à rotatividade de pessoal e segundo Parise et al. (2006) e Jennex & Durcikova (2013) a aposentadoria é o fator que contribui de maneira mais direta para essa perda.

O envelhecimento da força de trabalho e a consequente iminência da aposentadoria é uma ameaça potencial para a produtividade das empresas em todo o mundo, devido à perda de capital humano valioso (Ashworth, 2006; Parise et al. 2006; Massingham, 2008; Jiang et al., 2009; Vilet, 2012; Durst & Wilhem, 2013; Jennex & Durcikova, 2013, Jennex, 2014). O problema atinge setores importantes da economia americana, com proporções de crise, como as indústrias de petróleo, gás e nuclear para citar algumas (Parise et al., 2006; Boyles et al., 2009; Jennex & Durcikova, 2013). Resultados obtidos em um levantamento realizado nos Estados Unidos, pelo *Federal Interagency Forum on Aging-Related Statistics* no ano de 2008, indicaram que até 2010, mais de 25% dos membros mais antigos da geração “*Baby Boom*” completaria 65 anos e estaria apta a se aposentar. Se todos o fizessem, isso acarretaria uma escassez de 10 milhões trabalhadores, que significa uma tremenda perda de conhecimento.

Na Europa e no Japão uma projeção do número de pessoas com idade na faixa economicamente ativas - entre 15 e 64 anos - indicou que até o ano de 2025 haverá uma queda de sete por cento na Alemanha, nove por cento na Itália e 14 por cento no Japão (Van Winkelen & McDermott, 2008).

Sinais desse problema foram relatados em organizações como a National Aeronautics and Space Administration (NASA), Delta Air Lines, Texas Instruments e Tennessee Valley Authority (TVA), para citar algumas (De Long e Davenport, 2003; Parise et al, 2006; Vilet J., 2012; Jennex, 2014).

Além da aposentadoria, outros fatores que também podem causar a perda de conhecimento, em particular a mobilidade de emprego, ocorrem de maneira mais sutil e demandam processos para reter o conhecimento crítico de forma permanente.

Segundo Parise et al. (2006), resultados de pesquisas com 5.000 executivos americanos revelaram que 46% dos entrevistados, pretende permanecer em suas posições por apenas entre 2 a 5 anos.

Esse fato evidencia o comportamento característico dos trabalhadores do conhecimento que, ao contrário de gerações anteriores, não têm a expectativa de passar toda a vida profissional na mesma organização.

De acordo com deHolan & Philips (2004), outros fatores como a incapacidade da empresa de capturar conhecimento críticos, insuficiência de repositórios ou repositórios inadequados e simplesmente por esquecimento também contribuem para que o conhecimento possa ser perdido. Organizações podem esquecer conhecimento real ou mesmo esquecer como e em que local ele está armazenado.

No serviço público, no Brasil, embora a mobilidade do servidor seja menor do que aquela observada no setor privado, ela também ocorre, especialmente com seus profissionais mais jovens. A diferença é que, se no mundo privado as pessoas esperam propostas mais atraentes, no mundo público os “concurseiros”, pessoas que estão continuamente estudando e prestando concurso para órgãos públicos, deixam seus locais de trabalho na medida em que são aprovados nas provas que podem colocá-los em carreiras mais promissoras (Manso, 2012).

No Brasil, os principais motivos que levam os funcionários a quererem deixar seus empregos, segundo a pesquisa realizada pela consultoria Robert Half, são: remuneração baixa e falta de reconhecimento (33%), desmotivação (30%), preocupação com o futuro da companhia (29%) e baixo equilíbrio entre trabalho e vida pessoal (26%). Um ponto muito importante observado, mas que não está especificado na pesquisa é a insatisfação com a liderança direta (Melo, 2013).

Em órgãos federais é comum que pessoas façam concurso para unidades fora de seu estado de residência e findo o estágio probatório peçam transferência para outra unidade.

A rotatividade de pessoal é uma questão comum nas atividades de uma empresa que, tradicionalmente, a gestão de recursos humanos trata por substituição, ou seja, por recrutamento de novos funcionários ou treinamento daqueles existentes. Nesse contexto a saída de um empregado não era considerada um problema significativo, assumindo-se que um "*quase equilíbrio*" era alcançado (Massingham, 2008).

Contudo, alguns fatores, como o aumento do valor do conhecimento na atual economia, o aumento da mobilidade e também da idade média de funcionários, têm contribuído para mudar essa conduta (Dalkir, 2005; Massingham, 2008; Manso, 2012).

Como abordado na seção 2.2, o conhecimento é a base para a competição. Grande parte desse conhecimento está incorporada às pessoas; funcionários que quando deixam a empresa podem levar com eles conhecimentos valiosos, únicos e que demandam longo tempo para serem adquiridos, quer em termos de complexidade como também de habilidades (Parise et al., 2006; Massingham, 2008).

Dalkir (2005) salienta que altas taxas de mobilidade podem originar problemas de continuidade de conhecimento para a organização e demandas permanentes de aprendizado e segundo Massingham (2008), sugerem uma redução do conhecimento geral da organização porque o estoque desse recurso pode não ser reabastecido.

Em uma análise do ponto de vista da gestão organizacional, não só a mobilidade, mas a alta rotatividade de funcionários, de maneira geral, provoca um aumento do tempo que os mais experientes necessitam dedicar ao treinamento dos novos, diminuindo assim, a capacidade produtiva, a qualidade e os níveis de produtividade. Empresas de prestação de serviços podem sofrer devido à perda de referências de clientes e ineficiências relacionadas à duplicação de serviços e à gestão de relacionamento com clientes (Jiang et al., 2009).

Aiman-Smith et al. (2006) relataram que o aumento de casos de aposentadorias contribui para perdas de produtividade e eficiência, redução da memória organizacional, além de esgotar o fornecimento de mentores disponíveis para treinar novos funcionários.

Resultados de um estudo de caso, realizado por Massingham (2008), no Departamento Australiano de Defesa indicaram que o capital humano perdido

pode causar uma diminuição da produção e da produtividade organizacional; o capital social perdido pode reduzir a memória organizacional; o capital estrutural perdido pode diminuir o aprendizado organizacional e o capital relacional perdido pode produzir ruptura dos fluxos de conhecimento entre organizações, com parceiros externos, clientes e fornecedores.

Portanto, a perda de um empregado ao deixar a organização, não está relacionada apenas a todo o seu conhecimento, incluindo a expertise específica da sua função, experiência, habilidades, mas também aos seus contatos e a capacidade coletiva de um grupo para realizar o seu trabalho, que fica comprometida em consequência da ruptura de processos e rotinas já estabelecidas e também da cultura da organização (Parise et al., 2006; Massingham, 2008; Schmitt et al., 2011).

Além da rotatividade de pessoal, empresas também estão enfrentando o perigo de perda de conhecimento em situações inesperadas, como, por exemplo, doenças, acidentes e / ou morte, muitas vezes decorrente do próprio envelhecimento da força de trabalho, mas não se limitando a isso.

O absentismo de membros da organização mesmo que por prazos curtos, e de maneira mais acentuada, os de longa duração, podem representar uma ameaça à existência das empresas e de forma mais grave, das pequenas e médias empresas (Durst & Wilhelm, 2013).

Nesse cenário é um grande desafio transferir o conhecimento de peritos – que breve estarão aposentados – para a força de trabalho remanescente e reter o conhecimento organizacional visando à sua continuidade e desenvolvimento. Contudo, isso demanda uma abordagem estruturada e sistematizada para gerir, não somente a parcela do conhecimento ameaçada de perda iminente, mas também aqueles que são considerados estratégicos para a organização.

Segundo Levy, (2011), uma das tarefas mais importantes de projetos para reter conhecimentos é determinar aqueles que devem ser priorizados, não somente devido à limitação de recursos financeiros e de tempo, mas muitas vezes, devido também à grande extensão de conhecimentos detidos por aqueles que deixam a organização.

Para definir uma abordagem adequada de GC é necessário que sejam conhecidas tanto as características da organização, como a natureza do

conhecimento que se deseja gerir, uma vez que o conhecimento que gera valor é difícil de replicar, é em geral de natureza tácita; só existe na cabeça das pessoas e está relacionado a valores, crenças e emoções (Terra, 2005; Ricciardi et al. 2006). Stewart & Harvey (2011) acrescentaram às características apontadas por Terra (2005), o fato de que o conhecimento adquire mais valor quando não há substitutos, o que o caracteriza como crítico.

A tarefa de identificar os conhecimentos importantes, essenciais para a organização e seu estado crítico não é trivial e exige alguns critérios. Grant (1991); Amit & Schoemaker (1993) e Collins & Montgomery (1995), abordaram a importância da identificação desses ativos de conhecimento, no contexto da formulação de estratégias, como um fator crucial do desempenho organizacional. Alguns atributos típicos de conhecimentos que podem gerar valor para o negócio da organização incluem: i) alinhamento estratégico; ii) escassez; iii) dificuldade de imitar, substituir e transferir.

Ricciardi et al.(2006), afirmaram que os conhecimentos essenciais são aqueles que habilitam os processos que compõe as capacidades da organização e que esses conhecimentos devem ser avaliados para que sejam selecionados aqueles cujo valor os distingue dos demais. Para tal, a metodologia normalmente aplicada consiste inicialmente, de uma triagem dos processos da organização, considerando apenas aqueles que fazem a diferença do ponto de vista estratégico. Posteriormente, são identificados e avaliados os “saberes” relacionados a cada um desses processos, relativamente às lacunas de conhecimento ou de seu estado "crítico". Atributos como durabilidade, inimitabilidade e dificuldade de substituição são aqueles mais considerados para efeitos de avaliação.

Outra etapa importante para definir uma abordagem adequada de GC, consiste em selecionar um conjunto de ferramentas gerenciais e tecnológicas mais eficazes para, em cada situação específica, estimular o desenvolvimento, o compartilhamento, a criação e a proteção do conhecimento organizacional (Terra, 2005). Dalkir (2005) indica que deve haver um alinhamento entre a escolha das ferramentas e técnicas adequadas e a estratégia do negócio, os objetivos e metas da organização.

De modo geral, as empresas investem em soluções antes de saber exatamente quais são seus problemas relacionados ao conhecimento e o resultado é muitas vezes desastroso (Davenport & Prusak, 1998).

Na prática, deve-se, em primeiro lugar, identificar quais são os problemas de conhecimento para então decidir qual a abordagem a ser adotada. Isso envolve a identificação dos conhecimentos necessários à condução dos processos da organização e um diagnóstico do “status” desses conhecimentos, considerando a realidade atual e as ameaças que podem inviabilizar projetos organizacionais futuros, o que corresponde a uma abordagem de avaliação de risco (IAEA, 2006; Levy, 2011).

A avaliação do risco de perda de conhecimento é o processo utilizado para determinar o impacto potencial devido à perda de conhecimento crítico em uma organização e é um ponto de partida útil para que a organização possa identificar funcionários com conhecimento crítico, estabelecer prioridades para sua captura (IAEA, 2012).

Segundo Durst & Wilhelm (2013), é fundamental desenvolver medidas para avaliar os possíveis riscos associados à perda de conhecimentos organizacionais, para que ações de retenção sejam planejadas e executadas.

No contexto do envelhecimento da força de trabalho, uma componente chave é a identificação não apenas das pessoas que estão prestes a se aposentar, mas também do conhecimento e das capacidades de transferência de conhecimento que elas possuem que estão retratadas nas redes das quais elas fazem parte.

Com o propósito de avaliar o risco potencial da perda de conhecimento em organizações, foram desenvolvidas ferramentas e metodologias de diagnóstico, que permitissem identificar problemas de conhecimento e também a extensão em que eles ocorriam. Algumas delas, encontradas na literatura, envolvem o cálculo de um fator de risco, análise de redes sociais, mapeamento de conhecimentos e técnicas de auditoria. Uma vez caracterizado o problema, ações potencialmente mais eficazes podem ser planejadas.

Durst and Wilhen, (2015) apresentam uma metodologia desenvolvida com base em uma série de entrevistas semi-estruturadas, para obter informações e mapear o conhecimento relevante de quatorze membros de uma organização de médio porte do setor de impressão, com forte ênfase em P&D e uma força de

trabalho muito estável, em que o perigo de perda de conhecimento devido à aposentadoria, foi considerado alto.

Uma ferramenta de GC foi desenvolvida para que esses mapas de conhecimento fossem utilizados como base, para identificar e quantificar os “conhecimentos em risco” e consequentemente os membros críticos da organização que possuem esses conhecimentos. A ferramenta foi estruturada para que as informações fossem classificadas em termos das dimensões do capital intelectual (o capital humano, o capital relacional e capital estrutural) e do conceito de capital social. Diferentes escalas foram utilizadas para medir cada uma das quatro dimensões. Uma medida composta foi então criada em que as quatro dimensões foram ponderadas e somadas para calcular o “conhecimento em risco global”. A partir dessas informações, um planejamento de sucessão pode ser elaborado e executado para preparar a possível saída desses membros da empresa, minimizando o risco de perda de conhecimento.

Uma metodologia para avaliação de risco de perda de conhecimento, apresentada por IAEA (2006) foi concebida para identificar posições / pessoas cuja perda potencial de conhecimento é maior e mais iminente.

A referida metodologia consiste de uma classificação do risco com base no “total risk factor”, que é calculado para cada funcionário da organização. O total risk factor é determinado a partir de dois outros fatores: a projeção do tempo até a aposentadoria, transferência ou outro motivo de saída do funcionário (attrition risk factor) e a criticidade do conhecimento e habilidades (position risk factor). Com isso, são identificados “especialistas” cuja saída pode demandar medidas para atenuar a perda de conhecimento. Para aplicação da metodologia, foram estabelecidos critérios para a pontuação de cada fator, utilizando-se uma escala de 1 a 5 em que 1 = condição menos extrema e 5 = condição mais extrema de tempo e criticidade.

O total risk factor é obtido por meio da multiplicação dos outros dois fatores cujo resultado (de 1 a 25), está associado ao grau de importância e consequentemente a uma priorização da pessoa para a tomada de ações de retenção do conhecimento.

Jennex (2014) empregou uma abordagem para avaliar o risco de perda de conhecimento baseada no cálculo de risco tradicional, compensado por um fator associado à qualidade do conhecimento.

O autor define o risco de perda de conhecimento como o impacto que é esperado em uma organização, em consequência da perda de um perito particular ou trabalhador do conhecimento e assumem esse impacto como negativo, uma vez que o conhecimento é considerado um ativo organizacional.

O cálculo do fator de qualidade da fonte de conhecimento leva em conta as variáveis que impactam a capacidade de capturar o conhecimento e auxilia na diferenciação entre perdas potenciais de conhecimento em que ações de mitigação são mais propensas a serem bem sucedidas e aqueles que não são.

Em função do resultado final, o risco é classificado em três categorias que refletem a urgência na tomada de ações. O sistema de pontuação de 1000 pontos, adotado, fornece uma maior diferenciação entre os funcionários avaliados do que o método da IAEA cuja pontuação máxima é de 25 pontos.

A metodologia não se propõe a quantificar o risco, mas classificá-lo por comparação para que os gestores possam estabelecer prioridades na definição de ações para conter ou mitigar a perda. Quanto maior for o valor do risco de perda de determinado conhecimento, maior sua prioridade.

Parise et al. (2006) utilizaram a ARS para avaliar o impacto da perda potencial de conhecimento provocado pela partida de um funcionário. Foram considerados os conhecimentos únicos e o risco de perda de conhecimento associado a cada um dos três papéis que funcionários desempenham na rede da organização e que demandam ações para evitar ou mitigar sua perda potencial: (1) conectores centrais, (2) *brokers* e (3) funcionários periféricos. Os resultados obtidos demonstraram que esta abordagem pode ajudar a revelar a teia relacional através da qual o conhecimento flui em uma empresa que deve ser considerada em qualquer estratégia de retenção de conhecimento. Em particular, podem ser identificadas as vulnerabilidades de conhecimentos tanto em termos do que uma pessoa sabe como também como a saída desse indivíduo vai afetar a rede e ainda, podem ser tratadas questões de perda de conhecimentos específicos com base nos diferentes papéis que os funcionários desempenham na rede. Segundo os autores, a abordagem de rede permite às organizações identificar as pessoas, os seus papéis, seus relacionamentos e o conhecimento que possuem para o desempenho de suas funções. De forma proativa, a partir da análise dessa informação, as organizações podem tomar as medidas necessárias

para fazer com que uma potencial perda de conhecimento nunca se transforme em uma crise.

O capítulo seguinte aborda os principais conceitos sobre redes sociais e a metodologia de análise de redes sociais, incluindo métricas para análise quantitativa e aplicações.

2.4 REDES SOCIAIS

As redes, como objetos conectados, estão em toda parte do imenso universo de coisas que nos rodeiam – redes de transporte, neurais, elétricas, de comunicação e as muitas redes sociais das quais fazemos parte.

2.4.1 Termos e conceitos de Redes Sociais

Uma rede social consiste de um ou mais conjuntos finitos de atores e das relações definidas entre eles (Wasserman & Faust, 1999, Hanneman & Riddle, 2005).

Um grafo consiste de um conjunto de pontos (vértices) e um conjunto de linhas ou arestas, que conecta pares de pontos, conforme os grafos de quatro pontos ilustrados nas FIG. 6 a e b.

Quando dois pontos estão diretamente conectados por uma aresta, eles são adjacentes. O número de pontos adjacentes a um dado ponto é chamado de grau do ponto. Nas ilustrações da FIG.6, o ponto B tem grau 3, enquanto o ponto A tem apenas 1.

Na teoria dos grafos, uma rede social é representada por um conjunto de nós ou pontos conectados (atores ou agentes). A conexão entre pares de atores (nós) é feita por meio de arestas (ou arcos), que representam as relações entre eles. As arestas podem ou não ter direção, como nas FIG. 5 (a) e 5 (b), respectivamente. Caso tenham, a mesma é indicada graficamente, por uma seta - Grafo direcionado.

FIGURA 5 - Rede com quatro nós

As arestas podem variar em termos de intensidade, isto é, ter um peso (valor numérico) a elas associado - Grafo valorado.

Segundo Muller-Prothmann (2007), a intensidade das relações de comunicação entre atores de uma rede é geralmente medida em termos da

frequência em que os contatos ocorrem. No entanto outras medidas, tais como: fluxo de recursos (tangíveis ou não), nível de consideração; para citar algumas, podem ser usadas de acordo com a natureza da rede.

Os nós de uma rede podem ser tanto pessoas e empresas, analisadas como unidades individuais, ou como unidades sociais coletivas, como departamentos de uma organização, agências de serviço em uma cidade, para citar alguns (Wasserman & Faust, 1999). Os tipos mais comuns de laços são: relações individuais (amizade ou parentesco, interesses comuns, confiança, conhecimento); transação de recursos materiais (compra e venda entre duas empresas) e transferência de recursos não materiais (mensagens eletrônicas).

De acordo com Cross et al. (2001), fontes pessoais de informação como colegas de trabalho ou especialistas são preferidas em detrimento das fontes impessoais (documentos, bases de dados, portais corporativos). Este fato enfatiza o poder das redes na transferência de conhecimento.

Para o interesse desta pesquisa – o conhecimento organizacional do LNMRI, as redes são estruturas construídas a partir de relações entre seus atores e a evolução desse conhecimento está relacionada à interação entre as pessoas e seus processos de aprendizado, como abordado anteriormente no item 5.2.2.

Assim sendo, para promover a criação e a disseminação do conhecimento organizacional deve-se identificar e compreender os caminhos através dos quais o conhecimento flui, o que destaca a importância das redes informais de colaboração (Kim et al, 2009). Uma das características fundamentais dessas redes é o fato de possibilitar relacionamentos horizontais e não hierárquicos entre os participantes

Esse fato é evidenciado por Easley & Kleinberg (2010) ao comparar as redes formal (hierárquica) e informal de comunicação (*e-mails*) entre os 436 funcionários da *Hewlett Packard Research Lab.* (HP), como ilustrado na FIG. 6

FIGURA 6 - Rede de comunicação de funcionários da HP
Fonte: Easley & Kleinberg (2010).

Na rede da FIG. 6 observam-se duas estruturas. A primeira, a estrutura hierárquica oficial, que é formada por pontos vermelhos, que representam os funcionários, e as linhas mais escuras que os unem. Essa estrutura é suplantada pela segunda, que emerge de um padrão de comunicação informal entre os funcionários, e é representada pelos pontos vermelhos unidos por uma infinidade de conexões em cinza claro.

Em virtude de sua posição hierárquica, os gerentes estão frequentemente longe das interações no trabalho do dia-a-dia, que geram a estrutura informal de uma organização, e assim podem ter uma compreensão muito imprecisa dos padrões reais de relacionamentos (Cross et al., 2001).

Soluções inovadoras surgem frequentemente, de forma inesperada, por meio de interações informais e não planejadas entre os indivíduos que observam os problemas a partir de diferentes perspectivas (Cross et al. , 2010). Do ponto de vista da GC, conhecer os padrões segundo os quais a informação e o conhecimento são compartilhados e disseminados em uma rede, possibilita ao gestor determinar se há alguma ineficiência potencial nesse fluxo e introduzir mudanças para melhorar o desempenho global das redes (Chan & Liebowitz, 2006).

Estudos sobre redes de colaboração técnico-científica, associados às novas tecnologias de informação e comunicação, possibilitam a indução, a análise e ao fomento de redes de pesquisa (Balancieri et al., 2005).

Scott (2000), afirma que os principais dados para análise das redes sociais são aqueles sobre as relações presentes na rede e os atributos dos atores (idade, ocupação, escolaridade, renda, para citar algumas).

Considerando-se que uma empresa é um sistema sócio técnico complexo constituído por pessoas com todas as suas características psicológicas e sociais e também por recursos (métodos, procedimentos, conhecimento, entre outros), utilizados por essas pessoas nas suas atividades diárias de forma dinâmica, é cada vez mais frequente a análise desses sistemas sob a perspectiva de redes, como abordado na seção a seguir.

2.4.2 Análise de Redes Sociais

A Análise de Redes Sociais (ARS) é uma metodologia quantitativa amplamente utilizada para mapear e estudar as relações entre atores sociais e é particularmente efetiva na avaliação do fluxo de informação e conhecimento em redes de comunicação e colaboração.

Historicamente, a ARS originou-se em função de uma demanda por metodologias de análise nas áreas de Ciências Sociais, como a sociologia, antropologia e psicologia social. No período compreendido entre os anos 30 e 70, ocorreu o desenvolvimento da maioria de seus conceitos. Entretanto, a partir do fim dos anos 70 até os anos 90, técnicas matemáticas, ferramentas e softwares, para tratamento dos dados tornaram-se disponíveis, facilitando sua aplicação em diversas áreas como a economia, epidemiologia, administração e gestão do conhecimento, entre outras (Scott, 2000).

Grande parte da matemática utilizada na ARS baseia-se da teoria dos grafos e na álgebra matricial. Para redes pequenas grafos permitem uma visualização muito informativa e que pode dar ao analista a maioria das respostas de seu interesse. Entretanto, em redes maiores e mais complexas, com muitos nós ou com muitos tipos de relações, torna-se muitas vezes impossível identificar padrões visualmente. Para esses casos torna-se necessário fazer uso de indicadores para melhor compreensão do sistema representado pela rede. Para tanto, a utilização de softwares torna-se indispensável para armazenar os dados

relacionais e de atributos e calcular diversos indicadores para identificar papéis, padrões e grupamentos de nós (Hanneman & Riddle, 2005).

A representação matricial possibilita a utilização de ferramentas e facilita muito a definição dos indicadores. Porém, como as matrizes são esparsas elas não são adequadas em termos de armazenamento dos dados relacionais. Para tanto são empregadas técnicas de grafos armazenando-se listas de arestas.

Como há uma perfeita analogia entre os dígrafos e as matrizes, utiliza-se normalmente a notação matricial na descrição (em papel) das redes e dos indicadores.

Considerando dois atores i e j , a relação entre eles é representada pelo par ordenado (i,j) em que tanto i como j variam desde 1 até N , onde N representa o número de atores na população considerada.

Na FIG. 7 está representada uma rede valorada e direcionada de quatro nós e sua matriz correspondente.

FIGURA 7 - Grafo valorado e direcionado e sua matriz correspondente

Dessa forma, na análise de redes sociais, muitas características estruturais podem ser quantificadas. Algumas dessas medidas referem-se a toda a rede, enquanto outras resumem a posição estrutural de uma sub-rede ou um único vértice. O cálculo gera um número único, no caso de uma característica de rede e uma série de números no caso de sub-redes e vértices. Esse tipo de análise é mais conciso e preciso do que a inspeção visual. No entanto, os índices estruturais são por vezes abstratos e de difícil interpretação. Por esse motivo, é frequente o uso tanto da inspeção visual como do cálculo de índices estruturais para analisar a estrutura de redes (De Nooy et al., 2005).

Segundo Cross et al. (2001) a característica chave do mapeamento das redes sociais, utilizando ARS, está na identificação dos padrões de relacionamentos e da posição relativa dos atores e de grupos em relação uns aos

outros. De uma perspectiva da GC a ARS possibilita a identificação das propriedades básicas das redes, posições de seus atores (posições chave e atores isolados), subgrupos e gargalos no fluxo de conhecimento - nós centrais que são o único ponto de conexão entre dois componentes da rede.

Em algumas redes há nós cuja posição é crucial na manutenção da sua integridade e por consequência do fluxo das relações. A estes nós dá-se o nome de “expansores de fronteiras” (*boundary spanners ou cut-vertex*). Esses nós quando retirados fragmentam a rede, aumentando o número de componentes não conectados (De Nooy et al., 2005).

Tradicionalmente, a ARS limita-se à medição e análise das relações entre um conjunto de atores de mesmo tipo, presentes na rede e em um “momento” considerado. Em outras palavras cada ARS corresponde a uma fotografia da rede tirada durante o período do estudo.

Com o decorrer do tempo, as redes nas organizações tornaram-se cada vez maiores e os dados para sua análise e caracterização, mais complexos, incluindo dados de redes multimodais (com dois ou mais tipos de nós) e multiplex (dois ou mais tipos de relações). Além das relações entre os vários tipos de nós, características próprias de cada um deles (atributos), também podem ser utilizadas na modelagem da rede (Carley, 2003).

Segundo Ashworth (2003), indicadores de análise de redes sociais tradicionais, como a centralidade, são baseados em questionários e em aspectos sociométricos das organizações. O autor sugere a adoção de métricas que considerem as dimensões não sociais da rede, como o conhecimento crítico e as tarefas desempenhadas por cada funcionário. Essa abordagem possibilita um aumento na robustez da análise da importância de cada pessoa, baseada no seu impacto relativo no desempenho organizacional.

Chan e Liebowitz (2006) destacam a ARS como uma técnica bastante útil no mapeamento de pessoas com um determinado domínio de conhecimento e de como elas se relacionam para realizar suas tarefas. Os autores aplicaram a ARS com o objetivo de determinar o fluxo de conhecimento em uma organização com 85 membros distribuídos em seis grandes divisões. Foram considerados temas específicos, tratados na forma de perguntas e em dois níveis: o fluxo de conhecimento entre as divisões e entre os funcionários individuais. As centralidades *in-degree*, de intermediação (*betweenness*) e de proximidade

(*closeness*) foram utilizadas como métricas e se mostraram adequadas para o objetivo pretendido.

Estudos realizados por Parise et al. (2006) utilizaram a ARS para avaliar a vulnerabilidade de redes organizacionais, frente a ameaça de perda de conhecimento, que a partida de um funcionário pode provocar, em sua rede de trabalho. A abordagem considerou os conhecimentos únicos de funcionários que desempenham papéis específicos na rede da organização: (1) conector central (funcionários que possuem conhecimento técnico e memória organizacional, bem como um conjunto de relações em que eles ajudam outros a obterem informações ou outros recursos para realizar o seu trabalho); (2) *brokers* (pessoas que têm ligações entre os subgrupos em uma rede e possuem amplo conhecimento de como a organização opera e também, a capacidade de reconhecer e aproveitar as oportunidades que exigem a integração de conhecimentos díspares) e (3) funcionários periféricos (pessoas que têm o menor número de laços e estão localizadas nos limites de uma rede). Os autores assinalam que funcionários periféricos muitas vezes têm uma experiência particular, que pode não ser importante para as operações diárias da organização, mas muitas vezes podem ser cruciais durante uma crise. Embora essas pessoas possam não estar bem conectadas dentro de suas próprias redes de trabalho, podem muitas vezes ser participantes ativos de uma extensa rede fora de seu grupo ou organização.

Para Carley, Lee & Krackhardt (2002), há duas fontes dominantes, responsáveis pela complexidade dos sistemas sociotécnicos: (1) a adaptabilidade do ser humano e (2) a interação entre eles. Os seres humanos se adaptam em parte porque eles podem aprender quando interagem uns com os outros – são inteligentes e adaptativos. O que eles aprendem muda a rede de conhecimento (quem sabe o quê), a rede social (quem interage com quem), e como eles executam suas tarefas. Há uma estreita conexão recíproca entre quem você conhece e o que você sabe, ou seja, somos fruto de nossas relações nas diversas redes da qual fazemos parte. O resultado é que as redes em que as pessoas estão envolvidas são múltiplas e dinâmicas.

Carley (2003) desenvolveu o conceito de meta-matriz, que representa a estrutura de rede de uma organização, como o conjunto de redes que conecta as quatro principais entidades corporativas – atores (pessoas), conhecimentos, recursos e tarefas, conforme representado no QUADRO 1. Vários aspectos de

uma organização podem ser caracterizados, em termos dessas redes. Entre eles, por exemplo, a estrutura (de autoridade ou de comunicação), que é definida com base na rede de interação que conecta pessoas a pessoas (quem se comunica com quem); pessoas e o conhecimento, que é definida em termos da rede de conhecimento que conecta pessoas a conhecimento (quem sabe o quê), e assim por diante. Os elementos da tabela podem ser alterados em função das entidades que compõe a rede de interesse.

QUADRO 1 - Exemplo de Meta-matriz

	Agente	Conhecimento	Recurso	Tarefa
Agente	Rede social	Rede de conhecimento	Rede de recursos	Rede de atribuições
Conhecimento		Rede de informação		Rede de conhecimentos por tarefa
Recurso				Rede de recursos por tarefa
Tarefa				Rede de precedência entre tarefas

Fonte: Carley & Kamneva, 2004

A partir da análise da meta-matriz é possível identificar e efetuar mudanças na rede para que ela se configure de tal forma que os resultados pretendidos pela organização, possam ser alcançados. Segundo a autora, essas mudanças incluem: i) adição ou retirada de determinados nós; ii) adição ou retirada de relações entre nós; iii) modificações na força das ligações entre nós.

Alguns processos relacionados aos nós, que podem alterar a configuração, e consequentemente, o desempenho das redes são: i) contratação/recrutamento ou remoção (ausência por aposentadoria ou morte) de pessoas; ii) mudanças na missão (inserção ou interrupção de tarefas); iii) mudanças na tecnologia (alterações em tarefas e/ou recursos).

A redistribuição e o treinamento de pessoal, a evolução de amizade ou da estrutura de comunicação ou de comando, estão entre os processos que podem afetar as relações nas redes organizacionais. Finalmente, qualquer alteração dos nós, implica numa mudança direta nas relações que existiam anteriormente, o que acaba se estendendo para toda a rede.

Em ARS, costuma-se algumas vezes simular manipulações na rede original, para que seja possível extrair algum significado. Isso normalmente ocorre em redes muito grandes, com centenas ou milhares de vértices, ou ainda em redes que contêm diferentes tipos de relações. Com esse artifício, é possível analisar subgrupos ou mesmo concentrar a análise em uma relação específica de interesse. Os softwares de redes são particularmente úteis nesse sentido, pois possibilitam que a análise de redes mais complexas seja realizada a partir de redes mais simples (De Nooy et al., 2005).

Para a caracterização da rede do LNMRI foram analisadas somente as redes relacionadas com atores do conhecimento e suas funções – pessoas, conhecimentos e processos.

2.4.3 Métricas para análise de redes

Há várias métricas (índices ou indicadores) para caracterizar uma rede. Como já mencionado na seção anterior, algumas delas referem-se à rede como um todo e outras aos nós.

Considerando a abordagem e as aplicações da pesquisa voltadas para a gestão organizacional, os conceitos relacionados aos indicadores foram apresentados de maneira simplificada, evitando uma abordagem matemática mais aprofundada associada a cada um deles.

2.4.3.1 Métricas de rede

Uma rede pode ser caracterizada de maneira global, considerando-se diversas de suas características; tamanho (número de nós), número de ligações (arestas), homogeneidade em termos de distribuição de ligações (como o número de clusters, ou subgrupos). Alguns indicadores de rede e conceitos utilizados nessa pesquisa são comentados a seguir.

- Densidade - A densidade é uma medida da coesão geral do grupo, ou seja, quanto maior o número de arestas (ligações), maior é a densidade. Ela indica a extensão na qual todos os atores em uma rede estão ligados uns aos outros, (Scott 2000, Wasserman & Faust, 1999). Mais especificamente, a densidade de uma rede é a razão entre o número de arestas existentes e o número máximo de arestas teoricamente possível.

- Distância, geodésicas e diâmetro – Ao caminho mais curto entre dois vértices dá-se o nome de geodésica. A distância do vértice u ao vértice v é o

comprimento da geodésica de u para v (De Nooy et al., 2005). Portanto, ao se falar de distância entre dois nós estaremos sempre nos referindo à distância geodésica. Por extensão, denomina-se diâmetro da rede à maior distância, considerando-se todos os pares de nós.

Em redes do tipo pessoa x conhecimento (Quem conhece o quê), indicadores específicos foram desenvolvidos (Carley et al., 2012) e são resumidos a seguir:

- **Diversidade de conhecimento** - Esse indicador descreve como os itens de conhecimento estão distribuídos entre os atores da rede. Quanto mais próximo de 0 significa que os conhecimentos são concentrados em poucas pessoas, por outro lado, a medida em que ele se aproxima de 1, mais uniforme é a distribuição.
- **Carga de conhecimento** - É apenas o número médio de conhecimentos possuídos pelos agentes, sem distinção do nível de proficiência. Esse índice pode ser calculado dividindo-se o número de links (pessoa – conhecimento) pelo número de pessoas.
- **Redundância de conhecimento** - É a média normalizada do número de agentes redundantes por conhecimento. Um ator é redundante quando já existe outro ator que possui o conhecimento.

A redundância é uma medida do número de nós que têm acesso aos mesmos recursos, que são atribuídos a mesma tarefa, ou que têm o mesmo conhecimento. Redundância ocorre apenas quando mais de um agente se ajusta à uma dessas possibilidades. Essa métrica é associada a uma proteção contra o risco de perda ou indisponibilidade de pessoal no que se refere a sua contribuição para a resiliência de organizações em rede (Schreiber, 2006).

2.4.3.2 Métricas de nós

Indicadores de nós são bastante utilizados para localizar os nós críticos e também avaliar a vulnerabilidade das redes. Entre eles destaca-se a centralidade de grau. Essa métrica refere-se ao número de ligações de um nó (Hanneman & Riddle, 2005). Atores com alto grau são mais conectados com outros atores; está relacionado, por exemplo, à oportunidade de influenciar e ser influenciado, à resistência a vírus, no caso de sistemas computacionais, ao poder

e à liderança de grupos. O grau também pode ser expresso como uma fração do número máximo de ligações possível.

O *indegree* é o grau de entrada (ou de coluna), e representa o número de arestas que apontam para determinado nó. Eles atuam como receptores do que circula da rede.

O *outdegree* é o grau de saída (ou de linha) e corresponde ao número de arestas que têm origem no nó considerado.

No caso da rede pessoa x conhecimento, objeto do estudo em questão, a centralidade de grau de linha indica para cada ator, o número de conhecimentos que ele possui em relação ao máximo possível, ou seja, a fração de conhecimentos que ele possui.

Outras métricas para identificar posições críticas foram desenvolvidas, para localizar pessoas, tipos de conhecimentos e tarefas que são críticos de uma perspectiva de segurança da informação e da otimização de desempenho (Carley et al., 2012).

Do ponto de vista da ameaça de perda de conhecimento devido à perda de capital humano, algumas dessas métricas, aplicadas à rede pessoa x conhecimento, foram utilizadas neste estudo. O conceito correspondente a cada uma delas, segundo Carley et al. (2012), é apresentado a seguir:

- Capacidade - O indicador capacidade está relacionado ao grau de saída (ou grau de linha) e no caso em estudo é útil para indicar os atores mais e menos dotados de conhecimento. Para aqueles mais conectados ele tende para 1,0 e para aqueles pouco conectados, tende para zero.
- Semelhança cognitiva - A semelhança cognitiva do ator i é a média de sua semelhança em relação a todos os outros atores. Considerando-se os atores i e j , a semelhança cognitiva do agente i em relação ao j é o quociente obtido da soma todos os conhecimentos que ambos têm e os que ambos não têm, pela soma de todos os conhecimentos da rede.
- Similaridade cognitiva - A similaridade cognitiva do ator i é a média de sua similaridade em relação a todos os outros atores. Considerando-se os atores i e j , a similaridade cognitiva do agente i em relação ao j é o quociente entre a soma todos os conhecimentos que eles têm em comum e a soma dos conhecimentos que cada um tem individualmente.

- Distinção cognitiva – A Distinção cognitiva mede o grau em que cada par de atores possui conhecimentos complementares, expresso como uma fração do conhecimento total. Considerando-se os agentes i e j , esse indicador corresponde ao quociente entre a soma de todos os conhecimentos que um tem e o outro não (ou seja, a contagem é acrescida sempre que i tiver o conhecimento e j não e vice versa), e o número total de conhecimentos. Isto mede o quão i e j são distintos em termos de conhecimentos. A distinção cognitiva do agente i em relação a todos os outros é a média de seus valores.

A descrição que se segue aborda os métodos e técnicas que foram usados para responder a cada uma das questões de pesquisa mencionadas anteriormente.

3 METODOLOGIA

Para realizar a análise de redes, relações devem ser identificadas, medidas e codificadas, da mesma forma que os nós e seus atributos. Posteriormente os dados são convertidos em arquivos de rede para processamento e cálculos.

A metodologia adotada para a coleta dos dados para a caracterização da rede LNMRI, em termos de seus conhecimentos críticos e das pessoas que os detêm, considerou os trabalhos de Burge (1998), Tuggle & Goldfinger (2004), Cofey & Hoffman (2003), e Kim et al. (2003) e IAEA, (2012).

Tuggle & Goldfinger (2004) afirmaram que é possível aprender sobre os conhecimentos que estão incorporados nos processos de uma organização, por meio do estudo destes processos. Para tal, os autores propõem uma metodologia, que consiste das quatro etapas seguintes: i) seleção dos processos de interesse; ii) mapeamento dos processos; iii) validação dos mapas (representação dos processos) e iv) elicitación de conhecimentos.

Segundo os autores, na primeira etapa, devem ser priorizados os processos mais importantes, que são os que geram mais valor para a organização e aqueles mais centrais; que estão relacionados a vários outros processos.

A elicitación de conhecimentos é o processo de obtenção de conhecimentos de um determinado domínio do especialista, que descreve como ele executa uma tarefa específica e / ou em geral descreve o conhecimento que ele tem sobre o domínio considerado (Burge, 1998).

Segundo Cofey & Hoffman (2003) e Kim et al. (2003), os conhecimentos que podem ser capturados são de três tipos: conhecimentos que são pré-requisitos à execução do processo, conhecimentos utilizados durante sua execução e aqueles produzidos ao final do processo.

Entre os métodos de captura destacam-se:

- Entrevistas (estruturadas, não estruturadas e semiestruturadas);
- Análise de documentos: manuais de operação e normas entre outros;
- Análise de sistemas: por exemplo, bancos de dados.

Na opinião de Burge (1998), a quantidade e complexidade do conhecimento necessário ao entrevistador e o esforço necessário para analisar os dados, estão entre os principais fatores que influenciam a escolha do método de elicitación do conhecimento.

3.1 Seleção dos processos mais relevantes do LNMRI

Como mencionado na seção 1.4 foram considerados apenas, os processos técnicos do LNMRI.

A partir dessa premissa, foi realizado um passo preliminar para obter certa compreensão dos processos técnicos do LNMRI, do contexto em que os produtos e serviços resultantes desses processos são utilizados e com que finalidade. Para isso foi necessário consultar alguns documentos e também entrevistar o pessoal gerencial chave. Ao final dessa fase preliminar, foram identificados dezessete processos técnicos do LNMRI.

A partir desse ponto uma análise da relevância dos processos técnicos foi conduzida de acordo com um conjunto de critérios que foram estabelecidos em concordância com a chefia do LNMRI. Os critérios foram agrupados em classes, e são apresentados como segue:

- Classe 1: Alinhamento estratégico
- Classe 2: Impacto se o processo fosse descontinuado

Ambas as classes de critérios consideradas se harmonizam com a visão da formulação de estratégias baseadas nos recursos e nos conhecimentos da organização já que a mesma tem como ponto de partida a importância da singularidade das capacidades e do conhecimento organizacionais como vantagem competitiva.

3.1.1 Avaliação dos processos técnicos do LNMRI segundo a classe 1:

Relativamente à classe 1 foram adotados dois critérios:

- Conexão com a missão do IRD e
- Conexão com a visão do IRD

Para quantificar a relevância de cada um dos processos frente aos critérios mencionados, foi utilizada uma escala intervalar de cinco pontos, onde 5 = forte e diretamente relevante e 1 = fraco e indiretamente relevante.

Foi estabelecido como premissa, para a realização desta avaliação o carácter único do LNMRI como referência nacional e que como uma instituição

pública, deve alinhar seus processos às demandas para o desenvolvimento do país e para o bem estar da sociedade.

3.1.2 Avaliação dos processos técnicos do LNMRI segundo a classe 2:

Esta classe é composta por dois critérios: a) gravidade e b) amplitude. A gravidade está relacionada tanto à natureza do usuário na cadeia de rastreabilidade (área de saúde, área estratégica para o país, entre outros), como ao fato do processo considerado ser ou não executado apenas pelo IRD. A amplitude está relacionada ao número de usuários que seriam afetados na cadeia de rastreabilidade.

Para quantificar a relevância de cada um dos processos frente aos critérios gravidade e amplitude, foi adotada uma escala intervalar de cinco pontos, em que, para a gravidade, o valor 5 = forte e diretamente relevante (gravidade muito alta) e 1 = fraco e indiretamente relevante (gravidade muito baixa). Para a amplitude 5 = forte e diretamente relevante (muitos usuários finais diretos e indiretos) e 1 = fraco e indiretamente relevante (poucos usuários finais diretos e indiretos).

Os critérios utilizados assim como as notas que foram atribuídas a cada processo foram estabelecidos de comum acordo com a chefia do LNMRI.

Durante a etapa de avaliação, foram considerados como fontes de informação, dados de documentos correspondentes aos serviços prestados pelo LNMRI, relativos ao período de 2008 a 2011.

Foram identificados os clientes diretos do LNMRI, externos e internos e os clientes indiretos.

No primeiro grupo estão os Institutos da CNEN, Centros de Medicina Nuclear, Unidades de Radioterapia e Radiodiagnóstico, Centros de pesquisa, Universidades, Empresas de petróleo, Laboratórios prestadores de serviços da Rede Brasileira de Calibração, entre outros.

Foram considerados como clientes diretos internos os laboratórios do próprio LNMRI e os demais de outras Divisões do IRD (análises ambientais e de efluentes, monitoração individual *in vivo* e *in vitro*, entre outros).

Como clientes indiretos foram considerados aqueles que, em algum nível, são impactados pelos clientes diretos, como por exemplo, todos trabalhadores da área nuclear que são monitorados durante suas atividades e

usuários de serviços de radioterapia, radiodiagnóstico e de medicina nuclear, entre outros.

Dados relacionados aos clientes indiretos foram obtidos em consulta aos especialistas de outras áreas do IRD e na base de dados do Serviço de Informações Ambulatoriais do Serviço Único de Saúde – SUS do Ministério da Saúde, de 2000 a 2011 (<http://cnes.datasus.gov.br/>).

Após a avaliação dos dezessete processos técnicos, oito deles com os maiores resultados das somas das notas por critério foram selecionados como objeto de estudo para o desenvolvimento desta pesquisa.

No APÊNDICE A encontra-se o QUADRO 6 que mostra a relação dos dezessete processos técnicos do LNMRI e suas abreviaturas. Na TAB.7 do APÊNDICE B são apresentadas as notas que foram atribuídas a cada um deles em consenso com a chefia e considerando os critérios anteriores.

Esses processos foram mapeados, visando à sua compreensão e caracterização, para posterior identificação dos conhecimentos a eles relacionados. Essa caracterização compreendeu os elementos que descrevem cada uma de suas etapas, a forma como estes elementos se relacionam (entradas e saídas), sua conexão com outros processos, quando aplicável e as pessoas envolvidas na sua execução.

3.2 Identificação dos conhecimentos incorporados aos processos

Para identificar os conhecimentos incorporados aos processos, foram consideradas as seguintes fontes de conhecimento: técnicos, especialistas (fontes implícitas), procedimentos e outros documentos internos, assim como, os fluxogramas de cada processo, obtidos por meio de mapeamento (fontes explícitas). A abordagem adotada considerou duas fases: (i) mapeamento de processos; e (ii) entrevistas com os supervisores de cada processo (especialistas).

3.2.1 Mapeamento de processos

Mapas de processos podem ser construídos diretamente por meio de entrevistas com o pessoal técnico responsável e podem ser complementadas por outras técnicas como a observação e a consulta a procedimentos documentados (IAEA, 2012).

O ponto de partida para compreensão e mapeamento dos processos do LNMRI, consistiu na leitura de procedimentos e instruções de trabalho,

armazenadas em base de dados corporativa. Posteriormente, uma combinação de observação da execução dos processos e entrevistas não estruturadas com o pessoal técnico envolvido possibilitou a representação dos processos sob a forma de fluxogramas e a identificação de alguns conhecimentos. Os entrevistados foram previamente esclarecidos quanto aos objetivos pretendidos nessa etapa.

Uma vez elaborados, os fluxogramas foram validados pelo supervisor de cada um dos processos correspondentes. A título de ilustração, nos ANEXOS de A e B são apresentados, respectivamente, os fluxogramas dos processos CALMn e EspY.

3.2.2 Entrevistas com especialistas

Considerando-se o conhecimento prévio do entrevistador e o conhecimento específico adquirido durante o mapeamento dos processos, foram identificados elementos comuns entre eles, guardadas as suas características próprias. Este fato é compreensível já que, na sua grande maioria, se trata de processos de calibração por comparação. Assim foi elaborado um protocolo que constituiu um roteiro para elicitar os conhecimentos durante as entrevistas semiestruturadas com os supervisores de cada processo (especialistas) e assegurar que os mesmos temas comuns seriam tratados com cada um dos entrevistados. O protocolo de entrevistas abordou desde a concepção de cada processo e respectivas instalações (fase de desenvolvimento e implementação) até a emissão do certificado de calibração que é o produto final encaminhado aos clientes (operação). Este roteiro é apresentado no Apêndice C.

A quantidade de entrevistas e a duração delas variaram de acordo com a complexidade de cada processo e a disponibilidade dos entrevistados.

Devido ao conteúdo bastante técnico dos conhecimentos envolvidos, foi um desafio para o entrevistador, descrevê-los de forma coerente e abrangente o suficiente para ser fiel ao relato do especialista. Algumas vezes foi necessário o envolvimento do entrevistador em um processo de aprendizagem.

A relação dos conhecimentos correspondentes a cada processo considerado foi validada pelo próprio especialista, consolidando esta etapa, conforme recomendado por Tuggle & Goldfinger (2004). No QUADRO 7 do Apêndice D encontra-se a relação desses conhecimentos, num total de 200, assim como suas abreviaturas.

A partir do conjunto de conhecimentos obtidos na etapa anterior, foram entrevistadas individualmente, cada uma das 30 pessoas que compõem a força de trabalho do LNMRI e exercem atividades técnicas, com o objetivo de identificar as “pessoas que possuem conhecimentos e em que grau”. Para tal foi realizada uma autoavaliação de forma a quantificar o nível de proficiência de cada pessoa, em relação a esse conjunto de conhecimentos, usando uma escala intervalar de seis pontos, onde 5=maior grau, 1=menor grau de proficiência e 0 (zero) indica ausência de conhecimento.

Os dados obtidos no processo de autoavaliação são apresentados no QUADRO 8 do APÊNDICE E.

3.3 Classificação dos conhecimentos segundo sua relevância

Essa classificação tem como objetivo uma avaliação preliminar da relevância dos conhecimentos identificados na seção 3.2, para que possam ser selecionados aqueles que agregam mais valor e que podem estar ameaçados de perda. Porém a real avaliação de vulnerabilidade do sistema LNMRI necessita análise complementar e mais aprofundada. Tal avaliação foi abordada no âmbito da análise de redes, conforme descrito na seção 3.6.

Para classificar os conhecimentos segundo sua relevância, foi adotada uma abordagem baseada na literatura que considera o conhecimento crítico como um fator crucial para o desempenho da organização, especificamente os textos de Grant (1991), Collins e Montgomery (1995), Amit & Schoemaker (1993) e Ricciardi et al. (2006). A abordagem considera os critérios relacionados ao desempenho organizacional, à preservação do conhecimento e aos riscos associados à sua respectiva perda.

No QUADRO 2 são apresentados os critérios adotados assim como sua definição.

QUADRO 2 - Critérios para avaliar a criticidade do conhecimento

Critério	Descrição
Relevância	Mede a importância relativa do conhecimento em questão no(s) processo(s) em que ele é necessário.
Disponibilidade na memória organizacional	Combina a disponibilidade tácita (número de possuidores / número desejável) e a facilidade de recuperação caso o conhecimento esteja documentado na memória organizacional.
Curvas de aprendizado	Refere-se ao tempo e esforço necessários para um iniciante, com o conhecimento básico, adquira o nível de proficiência necessário ao uso no(s) processo(s).
Vulnerabilidade e custo de reposição	Combina o risco de perda de conhecimento devido à saída de pessoal e os custos de substituição (disponibilidade dentro ou fora da organização).

a. Para o critério “Relevância”, considerou-se uma escala intervalar de cinco pontos na qual 1= pouca importância; 5 = muita importância;

b. As notas geradas pelos indicadores dos aspectos tácitos e explícitos da disponibilidade na memória organizacional foram combinadas numericamente de forma que quanto mais deficiente maior a nota, na escala de 1 a 5.

c. Para o critério “Curvas de aprendizado” foi adotada uma escala de cinco pontos da seguinte forma: 1 para $t \leq 4$ semanas, 2 para $4 \text{ semanas} < t \leq 12$ semanas, 3 para $12 \text{ semanas} < t \leq 24$ semanas, 4 para $24 \text{ semanas} < t \leq 48$ semanas, 5 para $t > 48$ semanas;

d. Na avaliação quanto ao critério “Vulnerabilidade e custo de reposição”, foi considerada uma escala intervalar de cinco pontos na qual 1= baixo risco e baixo custo de reposição; 5 = alto risco e alto custo de reposição.

Tanto os critérios utilizados como as notas que foram atribuídas a cada conhecimento, foram estabelecidos de comum acordo com a chefia do LNMRI.

Todos os conhecimentos foram avaliados segundo cada um destes critérios e para obtenção do resultado final, foi composto um escore agregado que consiste na soma dos quatro critérios. Concluída a classificação, foi adotado um critério de corte bastante conservador, tendo em vista que a real avaliação de vulnerabilidade é parte integrante da etapa de análise de redes.

Desta forma foram excluídos apenas os conhecimentos com um escore inferior à média menos um desvio padrão. Além disso, todas as exclusões foram analisadas quanto aos critérios individuais de forma a evitar um corte indevido.

Foram identificados cento e sessenta conhecimentos mais importantes que quando ligados às pessoas através da relação “pessoas que possuem tal conhecimento em tal grau”, constituem a matriz valorada que representa a rede de conhecimentos mais importantes do LNMRI.

As notas atribuídas aos objetos de conhecimento, relativamente a cada critério adotado, encontram-se na TAB. 8 do APÊNDICE F.

Deve ser mencionado que as opiniões pessoais, do pesquisador (entrevistador), devido à sua própria experiência, contribuíram nas discussões para condução das etapas descritas nos itens 8.1- 8.3.

Uma vez identificados os conhecimentos mais relevantes e as pessoas que os detêm em determinado grau e com o propósito de avaliar o quanto cada um dos processos selecionados está sujeito à descontinuidade, foram identificados os graus de proficiência requeridos para o desempenho das funções de operação e supervisão dos processos, como tratado a seguir.

3.4 Determinação dos graus de proficiência

Esta etapa tem como objetivo identificar o grau de proficiência requerido para uma pessoa: i) executar cada um dos processos considerados, com a qualidade requerida - função operação e ii) supervisionar cada um dos processos com a qualidade requerida – função supervisão. Para tal, os supervisores de cada processo (especialistas) foram consultados quanto ao conjunto de 160 conhecimentos mais relevantes do LNMRI, obtidos conforme a seção 3.3.

Para quantificar o grau de proficiência foi adotada uma escala intervalar de cinco pontos, em que o valor 5 = grau máximo de proficiência (domínio do assunto) e 1 = grau mínimo de proficiência (conhecimento básico).

Cada um dos supervisores estabeleceu os graus correspondentes aos objetos de conhecimento relativos ao processo sob sua supervisão, para as duas funções consideradas. Os dados referentes aos quinze conhecimentos mais relevantes são apresentados na subseção 4.5.1.

3.5 Caracterização a meta-rede do LNMRI

Com o propósito dessa caracterização foram analisadas somente as redes relacionadas aos atores do conhecimento e suas funções – pessoas, conhecimentos e processos.

A metodologia adotada para a coleta dos dados dessas redes encontra-se descrita nas seções de 3.1 a 3.6. Os dados obtidos foram inseridos no software ORA que possibilitou a visualização da meta-rede e o cálculo das métricas que constituíram a base para sua caracterização. A ferramenta ORA possibilita uma análise aprofundada da rede em função do extenso número de indicadores e de operações disponíveis. Considerando as questões relacionadas ao contexto deste trabalho, foi testado um conjunto de métricas de rede – Densidade, Diversidade de conhecimento, carga de conhecimento, Redundância de conhecimento e a Soma dos links (arestas) valorados e métricas de nós - Capacidade, Grau de centralidade de linha, Grau de centralidade de coluna, Distinção cognitiva, Semelhança cognitiva, Similaridade cognitiva.

Os conceitos relacionados a cada uma das métricas utilizadas foram descritos na seção 2.4.

3.6 Avaliação de vulnerabilidades da estrutura da rede LNMRI

Essa avaliação foi realizada considerando-se dois elementos: i) os conhecimentos e ii) os processos.

3.6.1 Vulnerabilidades quanto aos conhecimentos

O propósito dessa análise foi o de identificar, entre os conhecimentos mais relevantes, aqueles cuja possibilidade de perda é maior ou mais iminente e que demandam medidas mais urgentes para atenuá-la.

A metodologia considerou dois fatores: (i) número de pessoas no LNMRI, que dominam o conhecimento, com o grau requerido para desempenhar funções em dois níveis: operacional e de supervisão, e (ii) disponibilidade futura dessas pessoas relativamente ao tempo até a aposentadoria.

Os dois fatores foram quantificados de forma inversamente proporcional à vulnerabilidade; quanto menor cada um deles, mais vulnerável é o conhecimento.

Com o propósito de exemplificar a metodologia, foram considerados apenas os quinze conhecimentos de maior relevância (maior pontuação), entre

aqueles obtidos nas etapas descritas na seção 3.3. Contudo, esse número deve ser ampliado em função da profundidade da análise que se deseja.

Os conhecimentos e os respectivos dados de proficiência que foram utilizados na análise são apresentados na subseção 4.5.1.

Também foram considerados os dados obtidos no processo de autoavaliação descrito em 3.2.2., que são apresentados no APÊNDICE E.

Os dados foram analisados a partir da rede direcionada e valorada, pessoa x conhecimento, utilizando-se a ARS e o conceito de “esferas de influência” ou “*Ego Network*”.

Para cada um dos conhecimentos selecionados, foram consideradas esferas de influência de raio = 1, ou seja, todos os nós que distavam apenas uma aresta do nó “ego”. As pessoas cujas intensidades das arestas (links) eram inferiores aos valores requeridos foram excluídas da rede. Tendo em vista apenas este fator, quanto maior o número de arestas na rede gerada, menor é a possibilidade de perda do conhecimento.

O detalhamento das partições feitas com o ORA para a obtenção das esferas de influência encontra-se no Apêndice G.

As FIG. 8 e 9 mostram dois exemplos de esferas de influência de um dos conhecimentos avaliados – SinalPpalOtimiz_4 $\pi\beta Y$, nos níveis de operação e supervisão respectivamente.

A rede da FIG. 8 indica as quatro pessoas que possuem o conhecimento SinalPpalOtimiz_4 $\pi\beta Y$, no grau requerido para a função de operador – A04, A05, A08 e A17. Neste caso todos os atores têm o mesmo grau igual a 4.

FIGURA 8 - Ego-Network do conhecimento SinalPpalOtimiz_4 $\pi\beta Y$ - operação

Na FIG. 9 é ilustrada a rede formada pelo único agente que possui o conhecimento $\text{SinalPpalOtimiz_}4\pi\beta Y$, no grau requerido para a função de supervisão - grau 5, além do próprio supervisor.

FIGURA 9 - Ego-Network do conhecimento $\text{SinalPpalOtimiz_}4\pi\beta Y$ - supervisão

Os resultados das esferas de influência dos demais conhecimentos, assim como uma análise da disponibilidade futura das pessoas identificadas, são apresentados na subseção 4.5.1. Tal análise considerou as datas previstas por cada uma delas para a sua aposentadoria.

3.6.2 Vulnerabilidade quanto aos processos

Essa etapa teve como propósito avaliar o quanto cada um dos processos estudados está sujeito à descontinuidade no caso da saída do supervisor (especialista). Para tanto, foi verificado o número de pessoas que estão aptas a substituir cada um deles, considerando o conjunto de conhecimentos que possuem e os requisitos de “saber” que foram definidos pelo supervisor de cada processo. Esta análise é feita com certa tolerância, ou seja, para cada caso são consideradas todas as pessoas que tenham pelo menos 80% do total valorado de tais conhecimentos. Desta forma com pouco treinamento a substituição seria viável.

Para determinar a extensão da proficiência de cada pessoa, em relação aos conhecimentos de cada processo, foi utilizado o indicador de grau de centralidade de linha e para avaliar os possíveis impedimentos à substituição do supervisor (especialista), foram considerados dois atributos de nós (pessoas), que refletem diferentes cenários - disponibilidade e dedicação. A avaliação foi complementada com uma análise temporal da situação de cada pessoa frente ao tempo para sua aposentadoria.

Como já foi mencionado na seção 2.3, a centralidade de linha indica a extensão do conhecimento detido pela pessoa em termos do número de conhecimentos e do grau de cada um deles.

Foi considerada apta para o cargo de supervisor a pessoa com no mínimo 80% da centralidade máxima (número de conhecimentos do processo x 5 - que é o grau máximo).

A disponibilidade refere-se ao fato da pessoa já ocupar ou não um cargo de chefia ou de supervisão de um dos processos estudados.

A dedicação por sua vez, está relacionada ao regime de trabalho, integral ou parcial.

Os atributos foram classificados em categorias de números que refletem os cenários que foram utilizados para avaliar se mesmo tendo a proficiência necessária, havia algum impedimento para que uma pessoa fosse considerada um provável substituto do supervisor, o que poderia ameaçar a continuidade dos processos. Esses cenários são descritos a seguir:

a. Disponibilidade: Foram consideradas indisponíveis; com Disponibilidade = zero, todas as pessoas que já ocupavam um cargo relevante (chefe de unidade, vice-diretor, supervisores de um dos processos considerados neste estudo, supervisor do próprio processo – ele não pode substituir a si mesmo).

As demais pessoas são consideradas disponíveis; Disponibilidade=1

b. Dedicação: Foi atribuído o valor de dedicação=2 às pessoas cuja dedicação é integral, dedicação=1 às pessoas com dedicação parcial ($\frac{1}{2}$ período) e dedicação=zero para as pessoas com afastamento por longos períodos (motivo de saúde entre outros).

O valor de dedicação=1 também foi adotado para pessoas já aposentadas, mas que ainda se dedicam parcialmente.

Para efeito de apresentação da metodologia foi considerado o processo de Produção de Fontes Radioativas Certificadas (PrFtes).

A análise de vulnerabilidades foi realizada utilizando-se o ORA, tendo como ponto de partida a sub-rede direcionada e valorada pessoa x conhecimento, da rede LNMRI, obtida segundo a seção 3.3. A análise foi realizada em 4 etapas que consistiram em efetuar as seguintes partições na rede:

- Seleção dos conhecimentos relativos ao processo de interesse;
- Seleção de pessoas quanto ao grau de proficiência requerido;
- Seleção de pessoas quanto à Dedicação;
- Seleção de pessoas quanto à Disponibilidade.

Todas estas etapas foram executadas no ORA, através de várias operações de partição da meta-rede original, criação de novos atributos para os nós e novas partições até que os resultados de interesse fossem alcançados.

Os detalhes são descritos no APÊNDICE H.

No texto são apresentados apenas os resultados das etapas para o processo de Produção de Fontes Radioativas Certificadas (PrFtes), como a seguir.

a. Seleção dos conhecimentos relativos ao processo de interesse

Após algumas manipulações no ORA obtem-se rede bimodal de interesse, LNMRI_PrFtes, ilustrada na FIG. 10.

FIGURA 10 - Rede LNMRI_PrFtes

b. Seleção de pessoas quanto ao grau de proficiência requerido

Calculando-se o grau de centralidade de linha (*Centrality row degree*) para as pessoas e depois definindo um atributo para elas com este valor, foi possível fazer uma nova partição obtendo-se a rede mostrada na FIG. 11.

FIGURA 11 - Rede de proficiência (LNMRI_Pr_Ftes_0.8)

c. Seleção de pessoas quanto à Dedicção e à Disponibilidade

Para esta rede bem menor foram incluídos os atributos de dedicação e disponibilidade para os nós em questão. Para visualizar quem são os substitutos viáveis para cada supervisor de processo, basta excluir aqueles que não têm a disponibilidade ou a dedicação necessária.

Neste caso, como as três pessoas (A07, A11 e A15) trabalham em regime integral, todas atendem ao requisito Dedicção e se mantêm na rede. Relativamente à Disponibilidade o mesmo ocorre.

Na subseção 4.5.2 são apresentados os resultados obtidos para os oito processos estudados, nos quatro cenários considerados.

d. Análise da evolução temporal da vulnerabilidade de processos

A partir dos resultados obtidos para o cenário mais restritivo, considerou-se um processo de substituição natural no decorrer dos próximos dez anos. Nesse processo, a cada ano, na medida em que o supervisor se aposenta um dos potenciais substitutos disponíveis assume a função do mesmo. Os resultados são apresentados na subseção 4.5.2 e refletem a ameaça de descontinuidade dos processos decorrente da potencial falta de uma pessoa para supervisioná-los.

3.6.3 Mapeamento da rede de partilha

Essa etapa visa conhecer o fluxo de informação e conhecimento no LNMRI, para complementar as demais análises, quanto ao papel que determinado ator desempenha na sua rede trabalho e conseqüentemente, avaliar de forma mais ampla, as conseqüências que sua saída poderia provocar.

Com essa finalidade, foi mapeada a rede pessoa x pessoa, cujo laço relacional (aresta) foi estabelecido com a seguinte pergunta: *A quem você recorre quando tem dúvidas ou deseja discutir algum assunto relacionado ao seu trabalho?*

A mesma população de funcionários do LNMRI foi pesquisada e previamente informada de que poderia indicar até três pessoas, ao responder à pergunta. Ao final foi obtida a matriz de adjacência ilustrada no QUADRO 1 do APÊNDICE I, constituída de trinta nós e cinquenta e quatro arestas. A partir dessa matriz construiu-se o grafo da rede que foi denominada “rede de partilha de informação e conhecimento”.

A representação gráfica da rede assim como uma análise de sua eficácia do ponto de vista do compartilhamento da informação e do conhecimento encontram-se na subseção 4.5.3 do capítulo a seguir. Os dados da rede foram analisados por meio do “software” ORA.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Primeiramente são apresentados os resultados da seleção dos processos técnicos e dos conhecimentos mais relevantes, ambos obtidos de acordo com critérios estabelecidos. A seguir, examina-se a vulnerabilidade da estrutura da rede LNMRI, sob a ótica da continuidade de seus conhecimentos e de seus processos, e também, do fluxo de informação e conhecimento da sua rede de partilha.

4.1 Seleção dos processos mais relevantes do LNMRI

Foram identificados dezessete processos técnicos, dos quais oito foram priorizados segundo os critérios definidos na seção 3.1.

Na TAB.7 do APÊNDICE B encontra-se o resultado da avaliação da relevância dos processos técnicos do LNMRI, com as notas que foram atribuídas considerando-se os critérios estabelecidos.

Considerando a pontuação obtida no somatório das notas, foram considerados mais relevantes os seguintes processos:

- Realização do padrão primário da grandeza atividade em sistema de contagem em coincidência $4\pi\beta(\text{CP}) - \text{Y}(\text{NaI})$;
- Produção de fontes radioativas;
- Calibração de fontes radioativas por espectrometria gama - Detector de HPGe (germânio de alta pureza);
- Padronização secundária de campos de nêutrons - Calibração de monitores de nêutrons;
- Calibração de câmaras de ionização por substituição com padrão secundário, no ar em raios X de baixas e médias energias;
- Calibração de câmaras de ionização por substituição com padrão secundário no ar com fonte de radiação Y – Aplicação em radioterapia;
- Calibração de câmaras de ionização por substituição com padrão secundário no ar com fonte de radiação Y – Aplicação em radioproteção;
- Realização do padrão primário da grandeza fluência de nêutrons pelo método de banho com sulfato de manganês.

Embora os processos IrradY e PrFtes tenham obtido o mesmo somatório de pontos, a escolha do segundo deve-se ao fato do mesmo ser necessário para que alguns processos de calibração possam ocorrer (CAL $4\pi\beta\text{Y}$,

EspY). Além disso, o processo IrradY apresenta muitas semelhanças com o CALRp e ao considerar-se o conjunto de conhecimentos desse último, consequentemente, os conhecimentos relacionados ao processo IrradY já estarão contemplados.

4.2 Conhecimentos incorporados aos processos técnicos mais relevantes

De acordo com a metodologia descrita na seção 3.2, foram mapeados os oito processos técnicos mais relevantes. Nos de Anexos A e B são apresentados, respectivamente, dois exemplos que correspondem aos processos CALMn e EspY.

No APÊNDICE D encontra-se o QUADRO 7 com uma relação dos objetos de conhecimento que foram identificados e as respectivas abreviaturas utilizadas nas etapas seguintes desta pesquisa.

4.3 Classificação dos conhecimentos segundo sua relevância

Como resultado da metodologia descrita na seção 5.3, foram priorizados cento e sessenta conhecimentos, considerados mais importantes.

Esses conhecimentos quando ligados às pessoas através da relação “pessoas que possuem tal conhecimento em tal grau”, constituem a matriz direcional e valorada de 30 colunas (pessoas) e 160 linhas (conhecimentos), que representa a rede de conhecimentos mais importantes do LNMRI.

Os dados dessa matriz encontram-se representados no APÊNDICE E.

4.4 Caracterização da meta-rede do LNMRI

São três as redes (valoradas e direcionadas) de interesse: (i) Processos que necessitam conhecimentos (ii) Pessoas que possuem conhecimentos e (iii) Pessoas envolvidas em processos. São redes bimodais em que a direção das relações é aquela indicada na própria designação da rede. Nas duas primeiras, valores numéricos medem a intensidade da relação.

Essas três redes foram devidamente mapeadas dando origem a uma meta-rede, com oito nós do tipo processo, trinta do tipo pessoa e cento e sessenta conhecimentos.

Os dados da meta-rede foram inseridos no software ORA e alguns indicadores de redes e de nós foram calculados. Os resultados obtidos e algumas análises são apresentados a seguir.

4.4.1 Indicadores de redes

Inicialmente foi analisada a rede pessoa x conhecimento (pessoas que possuem determinado conhecimento). Os indicadores utilizados refletem cada um a seu modo, como o conhecimento está distribuído entre os atores da rede, de acordo com as definições contidas na subseção 2.4.3.

Na TAB. 1, encontram-se os valores obtidos no cálculo de cada indicador da rede pessoa x conhecimento.

TABELA 1 - Resultados de indicadores de rede

Indicadores de rede	Valor obtido
Densidade	0,456
Diversidade de conhecimento	0,999
Carga de conhecimento	46,647
Redundância de conhecimento	0,438
Número de arestas	2191
Soma dos <i>links</i> valorados	6997

O valor da densidade da rede igual 0,456 indica que cerca de 50% dos atores possui todos os conhecimentos em algum grau. Considerando que há três grandes áreas de conhecimento no LNMRI (Metrologia de radionuclídeos, Dosimetria e Metrologia de nêutrons), cada uma delas com alguns itens de conhecimento bastante específicos, a ausência de um número maior de ligações é compreensível.

Observa-se que o Índice de diversidade de conhecimento (IDK) é igual a 0,999. Tal fato indica que os conhecimentos encontram-se muito bem distribuídos, minorando o risco de perda por saída de pessoas. Ressalte-se que este índice não considera o grau de proficiência, ou seja, os conhecimentos podem estar amplamente disseminados, mas com todos os atores o possuindo apenas no nível básico.

A Carga de conhecimento é apenas o número médio de conhecimentos possuídos pelos agentes, sem distinção do nível. O valor obtido igual a 46,7 é bastante razoável já que corresponde a cerca de 30% de um total de 160 conhecimentos.

A Redundância de conhecimento é o número médio de agentes redundantes por conhecimento, supondo-se que baste um agente dispor de cada conhecimento. Neste caso o valor de 0,438 indica que há em média uma

redundância aparente de cerca de 40%. Este valor sugere uma provável tranquilidade, mas o fato é que para garantir a continua execução desses processos, geralmente são necessárias mais de duas pessoas, para alguns conhecimentos específicos, com determinados graus de proficiência que não são considerados no cálculo desse indicador.

A Soma dos links valorados é o somatório de todos os elementos da matriz que representa a rede, antes de ser binarizada. Assim sendo, a partir do valor dessa soma, igual a 6997, dividido pela contagem de arestas, obteve-se o grau médio com que os conhecimentos são possuídos, igual a 3,19. Tal resultado é relativamente alto, pois o grau máximo considerado é igual a 5. Este valor tomado junto com o elevado IDK é um bom indicador da facilidade teórica da rede se adaptar para suprir a saída de pessoas.

4.4.2 Indicadores de nós

Com o propósito de avaliar a importância do posicionamento de cada ator na configuração da rede, foram calculados os indicadores de nós: Grau de centralidade de linha ou grau de saída, Capacidade, Similaridade cognitiva, Semelhança cognitiva e Distinção cognitiva. Na TAB. 2 a seguir, é apresentado um resumo dos resultados obtidos. É importante observar que todos estes indicadores foram calculados considerando a rede binarizada, sem distinguir o grau de proficiência de cada pessoa em relação ao conhecimento possuído.

TABELA 2 - Indicadores de nós

Indicadores	Média	Desvio Padrão	Min/Max	Min/Max (nós)
Grau de centralidade de linha	0,292	0,209	0,031	A24
			0,810	A17
Capacidade	0,445	0,354	0,015	A09
			0,993	A17
Similaridade Cognitiva	0,347	0,105	0,133	A24
			0,462	A12
Semelhança cognitiva	0,567	0,049	0,447	A17
			0,621	A13
Distinção cognitiva	0,433	0,049	0,379	A13
			0,553	A17

Como já mencionado, o grau de centralidade de linha expressa a fração dos conhecimentos que determinado ator possui, em relação à quantidade

máxima possível. O valor máximo igual a 81%, obtido para esse indicador, corresponde ao ator A17 e o mínimo igual a 3% ao A24. A média dos resultados igual a 29% e do desvio padrão de 21% fornecem mais uma confirmação de que os conhecimentos estão bem compartilhados entre os agentes, desde que os níveis de proficiência não sejam considerados.

O indicador capacidade está relacionado ao grau de saída (ou grau de linha). Para as entidades mais conectadas ele tende para 1,0 e para aquelas pouco conectadas, tende para zero. No caso da rede em estudo, a análise dos resultados indicou o valor máximo igual a 0,993 e mínimo igual a 0,015. Tais valores correspondem aos atores mais e menos dotados de conhecimento, A17 e A09, respectivamente.

A Semelhança cognitiva de um ator representa a média de sua semelhança em relação a todos os demais, em termos de conhecimento. O valor mínimo obtido igual a 0,447 corresponde ao agente A17, e o valor máximo igual a 0,621 corresponde ao agente A13. Esse resultado destaca a importância do ator A17. O valor médio em 0,567 é algo muito bom no sentido de dar à rede grande capacidade de reconfiguração (havendo vontade das pessoas em fazê-lo). De uma forma geral, quanto maior a semelhança cognitiva de um agente em relação ao conjunto, mais facilmente ele poderia ser substituído e vice-versa. Supondo que o agente A17 esteja usando, em suas funções, todos os conhecimentos que possui, ele seria o tipo de pessoa difícil de ser substituída.

A Similaridade cognitiva é um indicador que tem mais serventia quando olhado entre os pares, no sentido de procurar substitutos. Ele foi incluído nesta tabela apenas para completar o quadro. Foi obtido o valor mínimo igual a 0,133 e o máximo igual a 0,462. Tais valores correspondem aos atores A24 e A12, respectivamente.

A Distinção cognitiva mede o quão dois atores são distintos em termos de conhecimentos. Este indicador é um contraponto em relação à semelhança cognitiva e os atores com valores de distinção máximo e mínimo são o vice-versa daqueles obtidos para a semelhança. Numericamente isto pode ser verificado, pois a soma das médias é igual a unidade e ambos indicadores têm o mesmo desvio padrão. O valor mínimo obtido igual a 0,379 corresponde ao ator A13 e o máximo igual a 0,553 ao A17, sendo a média igual a 0,433 e o desvio padrão 0,049. Os resultados mostram que não há uma grande distinção entre os agentes

no tocante aos seus conjuntos de conhecimentos, na condição em que os graus de conhecimento não sejam considerados.

4.5 Análise de vulnerabilidades

4.5.1 Vulnerabilidade quanto aos conhecimentos

Os dados de proficiência utilizados para a avaliação da vulnerabilidade de conhecimentos encontram-se na TAB. 3, observando-se o limite de quinze conhecimentos mais relevantes, definido em 3.6.1. Esses dados foram obtidos conforme a seção 3.4.

TABELA 3 - Graus de proficiência requeridos para as funções de operação e supervisão

Conhecimento	Pontuação	Grau	
		operação	supervisão
ImplQual_X	19,6	2	5
ProcCalibDef_X	19,6	4	5
HomgDist_X	19,2	2	5
InstAuxilDef_4 $\pi\beta Y$	19	3	5
SinalPpalOtimiz4 $\pi\beta Y$	19	4	5
EspecDeconv_Mn	18,4	2	5
Rastreab_Fn	18,4	1	5
RepresMatParam_4 $\pi\beta Y$	18,3	2	5
DecaimRn_4 $\pi\beta Y$	18	3	5
DetPropEspecif_4 $\pi\beta Y$	18	3	5
InterfSinPpal_4 $\pi\beta Y$	18	3	5
TestesDesDef_4 $\pi\beta Y$	18	4	5
CritResultDef_4 $\pi\beta Y$	18	3	5
CritResultDef_EspY	18	4	5
ProcCalibDef_Fn	18	2	5

As esferas de influência obtidas como descrito na subseção 3.6.1 revelaram as pessoas proficientes, em cada um dos quinze conhecimentos considerados mais relevantes, num grau igual ou superior ao necessário. Os resultados obtidos estão resumidos no QUADRO 3. Nesse quadro, o grau de proficiência requerido de cada conhecimento, é aquele correspondente ao primeiro conjunto de atores de cada linha. No caso do conhecimento InstAuxilDef_4 $\pi\beta Y$, por exemplo, esse grau é três.

QUADRO 3 - Pessoas proficientes

Conhecimento	Pessoas (operação)			Pessoas (supervisão)
	grau 2	grau 3	grau 4	grau 5
ImplQual_X	A18, A19	A12, A30	A17, A20, A28	A22, A26
ProcCalibDef_X			A17, A26, A28	A20, A22
HomgDist_X	A01, A19, A21	A12, A18, A29, A30	A17, A28	A20, A22, A26
InstAuxilDef_ $4\pi\beta Y$		A02, A04, A08, A18, A19, A30	A05, A07, A11, A17, A22, A28	A03, A12
SinalPpalOtim_ $4\pi\beta Y$			A04, A05, A08, A17	A03, A12
EspecDeconv_ Mn	A 20, A30	A 22		A17, A18
Rastreab_Fn		A18	A17	A19
ReprMatParam_ $4\pi\beta Y$	A14, A18, A19, A22	A01, A02, A11	A05, A07, A17	A03, A12
DecaimRn_ $4\pi\beta Y$		A02, A05, A10, A14, A17, A18, A19, A22	A08, A11	A03, A04, A07, A012
DetPropEspec_ $4\pi\beta Y$		A07, A11, A18, A19, A22, A30	A04, A12, A17	A03
InterfSinPpal_ $4\pi\beta Y$		A19	A05, A07, A08, A17	A03, A04, A07
TestesDesDef_ $4\pi\beta Y$			A12	A03, A04,
CritResultDef_ $4\pi\beta Y$		A05, A08, A17	A07, A11, A12, A22	A03, A04
CritResultDef_ EspY			A05, A11, A12, A14, A17, A22	A03, A04, A08, A12
ProcCalibDef_ Fn			A17, A18, A22	A19

Nas FIG. 12 e 13 é representado o número de pessoas aptas a desempenhar funções nos níveis de operação e de supervisão, respectivamente. Aquelas que se encontravam na função de supervisor, durante no período da pesquisa, foram incluídas na última coluna do quadro. Os resultados são comentados a seguir.

FIGURA 12 - Distribuição do n° de pessoas proficientes - operação

No nível de operação, pode ser observado, que o conhecimento TestesDesDef_4πβY é detido apenas por uma pessoa. Isso indica que o mesmo está sujeito à maior ameaça de perda e conseqüentemente, é o mais vulnerável, seguido pelo Rastreab_Fn (duas pessoas) e posteriormente, pelos conhecimentos ProcCalibDef_X, EspecDeconv_Mn e ProcCalibDef_Fn (três pessoas).

No entanto, essa constatação deve ser ponderada pelo fato de que os atores de grau cinco foram excluídos das esferas de influência da função de operador, uma vez que os mesmos foram considerados para a função de supervisor. No caso do conhecimento TestesDesDef_4πβY observa-se na FIG. 13, que há duas pessoas aptas à supervisão. Portanto, há de fato três pessoas que possuem esse conhecimento no grau requerido para a função de operador, o que diminui de forma significativa a sua vulnerabilidade. Além disso, essas pessoas podem transmitir esse conhecimento a outros membros do LNMRI e assim, diminuir a possibilidade de perdê-lo, ou ainda, de comprometer a operação do processo CAL_4πβY, devido ao acúmulo de tarefas de responsabilidade de um número reduzido de pessoas. De forma similar, observa-se na FIG. 13 que no caso do conhecimento Rastreab_Fn, somente uma pessoa está apta à supervisão, o que significa que há três pessoas com esse conhecimento no grau requerido para a função de operador. Tal fato que reduz a possibilidade de sua perda em relação à avaliação anterior.

FIGURA 13 - Distribuição do nº de pessoas proficientes - supervisão

Relativamente ao nível de supervisão, uma avaliação da FIG. 13 mostra que somente uma pessoa (o supervisor do processo CAL_Fn) possui os conhecimentos Rastresb_Fn e ProcCalibDef_Fn no grau requerido (cinco). O mesmo é observado em relação ao supervisor do processo CAL_4πβY e o conhecimento DetPropEspec_4πβY, o que indica, numa avaliação inicial, que esses são os mais vulneráveis. No entanto uma análise mais apurada da situação desses conhecimentos, na FIG.12, mostra que há uma pessoa que possui o conhecimento Rastresb_Fn, no grau quatro. Essa pessoa poderia ser treinada, para atingir o grau requerido, sem demandar um longo tempo, como no caso de um iniciante. Quanto aos conhecimentos ProcCalibDef_Fn e DetPropEspec_4πβY observa-se que quatro pessoas possuem cada um deles no grau quatro. Como no caso anterior, um processo de treinamento reduziria a possibilidade de perda de conhecimento referente à diferença existente entre os níveis quatro e cinco.

Considerando-se apenas no número de pessoas com o grau requerido, no caso dos demais conhecimentos, não há iminência de perda aparente nos dois níveis considerados.

A partir da análise anterior e com o propósito de avaliar a disponibilidade futura desses conhecimentos, a ameaça de perda dos mesmos foi analisada relativamente às datas previstas para a aposentadoria das pessoas envolvidas, segundo os dados apresentados na TAB. 17 do APÊNDICE J.

A situação do conhecimento TestesDesDef_4πβY é realmente grave, pois até o final do ano corrente, tanto A03 como A12 estarão aposentados. Com a saída dessas pessoas, A04 será o único a possuir esse conhecimento nos graus requeridos para duas funções. Portanto, outras pessoas, devem ser capacitadas o quanto antes.

No caso do conhecimento Rastreab_Fn, das três pessoas que o possuem no nível de operador, somente A17 deve deixar o laboratório no próximo ano. Quanto às demais, não há previsão de saída nos próximos oito anos. Contudo, relativamente ao nível de supervisão observa-se que somente A19 possui o grau de proficiência requerido. Embora seja recomendável que outras pessoas sejam capacitadas, especialmente A18, como já mencionado anteriormente, inexiste uma ameaça iminente de perda desse conhecimento, considerando que até o ano 2024, A19 não deve deixar a Organização.

O mesmo ocorre com o ProcCalibDef_X em que mesmo com a previsão de saída de três pessoas, duas devem permanecer até 2028.

Para todos os demais conhecimentos, quanto à função de operador não há ameaça de perda iminente, já que até 2020, em cada caso, pelo menos duas pessoas proficientes devem permanecer no LNMRI.

Quanto à função de supervisão, os resultados são mais preocupantes. A qualquer momento do ano corrente, dos oito conhecimentos do processo CAL4πβY considerados, quadro deles (InstAuxilDef_4πβY, SinalPpalOtim_4πβY e ReprMatParam_4πβY) estarão ameaçados com a saída de A03 e A12, sem que haja no LNMRI, outra pessoa que possua o grau de proficiência requerido. Esses são os mais vulneráveis e as pessoas cujo grau é imediatamente inferior ao requerido seriam aquelas mais aptas para essa capacitação. Também preocupante, porém um pouco menos, é o fato de que com a saída de A03, o ator A04 seria o único a possuir os conhecimentos TestesDesDef_4πβY e CritResultDef_4πβY com o grau de proficiência requerido. Tal fato destaca a importância de A04 no contexto da preservação do conhecimento no Laboratório.

Quanto aos demais conhecimentos não há ameaça de perda iminente até 2020, caso a situação atual se mantenha.

Note-se que essa abordagem, ainda que forneça informações relevantes no âmbito da GC, não supre todos os subsídios para uma análise do ponto de vista da continuidade dos processos.

Assim sendo, foi realizada uma avaliação mais aprofundada, em que foi considerado o conjunto de conhecimentos que compõe cada processo. Nessa abordagem, atributos das pessoas como a disponibilidade, a dedicação e o tempo até a aposentadoria, foram levados em conta. Os resultados alcançados são apresentados e comentados a seguir.

4.5.2 Vulnerabilidade quanto aos processos

Essa etapa teve como propósito avaliar o quanto cada um dos processos estudados estava sujeito à descontinuidade no caso da saída do supervisor (especialista). Os resultados que foram obtidos segundo a subseção 3.6.2 são mostrados no QUADRO 4. Para cada cenário considerado são apresentadas as pessoas que estão aptas a substituir o supervisor de cada processo. Uma breve descrição de cada cenário, conforme já mencionado na subseção 3.6.2 encontra-se a seguir:

- Cenário 1 – Neste cenário são considerados aptos a substituir o supervisor, os atores cujo grau de centralidade de linha for igual ou superior a 80% do valor máximo do total valorado. Nessa condição admite-se que com um pouco de treinamento essa lacuna de 20% seria preenchida.
- Cenário 2 – No cenário 2, além da condição anterior, é necessário que o ator esteja sujeito a um regime de trabalho integral (dois períodos), para que ele possa substituir o supervisor.
- Cenário 3 – Neste cenário são considerados aptos a substituir o supervisor, os atores que possuírem a condição do cenário 1 e ainda não ocuparem cargo de chefia ou de supervisão de um dos processos considerados mais revelantes.
- Cenário 4 – Essa é a condição mais restritiva, considerada a desejável, ou seja, para que um ator possa substituir um supervisor, o mesmo deve possuir o grau de centralidade de linha igual ou superior a 80% do valor máximo do total valorado, trabalhar em regime de dedicação integral e ainda, não ser supervisor de qualquer dos processos mais relevantes ou ocupar cargo de chefia.

QUADRO 4 - Pessoas aptas a substituir os supervisores nos cenários considerados

PROCESSO	CENÁRIOS			
	C1	C2	C3	C4
CAL4$\pi\beta$Y	A12, A04	A12, A04	0	0
EspY	A08, A04, A03	A08, A04	0	0
CALX	A20, A28, A26	A28, A26	A28, A26	A28, A26
PrFtes	A11, A15, A07	A15, A07	A11, A15, A07	A15, A07
CALRp	A20, A22, A26; A28, A17, A18	A26, A28, A18	A26, A28, A17	A26, A28
PADFn	A17	0	A17	0
CALRt	A22, A26, A28; A17, A18	A26, A28, A18	A26, A28	A26, A28
CALMn	A17, A19	0	A17	0

Uma análise dos dados do QUADRO 4 indica que no cenário C4 (condição ideal) há uma potencial ameaça de descontinuidade dos processos CAL4 $\pi\beta$ Y, EspY, PADFn e CALMn. Tal ameaça é causada pela falta de possíveis substitutos para os supervisores desses processos.

No cenário 3 o regime de trabalho parcial não é considerado um impedimento para a ocupação da função de supervisor. Nesse caso, a situação é um pouco menos preocupante já que, apesar dos processos CAL4 $\pi\beta$ Y, EspY continuarem sob ameaça, existe um substituto potencial (A17) para os processos PADFn e CALMn. Note-se que caso ocorra uma substituição do supervisor de um desses processos, imediatamente o outro fica sem essa opção, já que nesse cenário a sobreposição de funções não é admitida.

No cenário 2, em que admite-se a sobreposição de funções, a situação é invertida, uma vez que há mais de um substituto possível para todos os processos, exceto para PADFn e CALMn. Nessa condição, esses últimos estão sob a ameaça de descontinuidade, caso o supervisor atual deixe a função.

No cenário 1, em que a única condição exigida é o grau de proficiência, não há ameaça iminente uma vez que no caso mais crítico, há um possível substituto para o processo PADFn.

Na TAB. 4 encontram-se as datas prováveis de aposentadoria dos envolvidos.

TABELA 4 - Previsão de aposentadoria de supervisores atuais e possíveis substitutos

Processo	Ano de aposentadoria	
	Supervisor	Substitutos
CAL4πβY	2015	inexistentes
EspY	2015	inexistentes
CALX	2016	A28: 2017 A26: 2038
PrFtes	2020	A07: 2016 A15: 2034
CALRp	2020	A28: 2017 A26: 2038
PADFn	2024	inexistentes
CALRt	2028	A28: 2017 A26: 2038
CALMn	2030	inexistentes

Considerando um processo de substituição natural nos próximos 10 anos, com base no atendimento aos critérios estabelecidos no cenário 4 (condição ideal) e a data provável da aposentadoria de cada possível substituto, as substituições que poderiam ocorrer encontram-se no QUADRO 5.

Os resultados indicam as pessoas que ocupam, ou poderiam ocupar a função de supervisor em cada processo, em relação ao número de substitutos possíveis. O dado $S_x/2$, por exemplo, indica que o supervisor do processo CALX deve manter-se na função durante o ano de 2015 e há dois substitutos possíveis (A28 e A26). O mesmo ocorre com o processo PrFtes em que A07 e A15 estão aptas à substituição.

QUADRO 5 - Ilustração do provável processo de substituição dos supervisores no cenário 4

Ano	DISTRIBUIÇÃO DE PESSOAS EM PROCESSOS							
	CAL4 πβY	EspY	CALX	PrFtes	CALRp	PADFn	CALRt	CALMn
2015	0	0	Sx/2	SFtes/2	SRp/2	SFn/0	SRt/2	SMn/0
2016	0	0	A26/1	SFtes/1	SRp /1	SFn/0	SRt/1	SMn/0
2017	0	0	A26/0	SFtes/1	SRp /0	SFn/0	SRt/0	SMn/0
2018	0	0	A26/0	SFtes/1	SRp /0	SFn/0	SRt/0	SMn/0
2019	0	0	A26/0	SFtes/1	SRp /0	SFn/0	SRt/0	SMn/0
2020	0	0	A26/0	A15/0	0	SFn/0	SRt/0	SMn/0
2021	0	0	A26/0	A15/0	0	SFn/0	SRt/0	SMn/0
2022	0	0	A26/0	A15/0	0	SFn/0	SRt/0	SMn/0
2023	0	0	A26/0	A15/0	0	SFn/0	SRt/0	SMn/0
2024	0	0	A26/0	A15/0	0	0	SRt/0	SMn/0
2025	0	0	A26/0	A15/0	0	0	SRt/0	SMn/0

Observa-se no QUADRO 5, que a situação tanto do processo CAL4πβY como do EspY é de fato preocupante. Em algum momento do ano corrente os supervisores de ambos os processos estarão aposentados, sem que haja, no LNMRI, pessoas aptas a substituí-los, nas condições consideradas. Esse é um fato realmente grave, pois como a CAL4πβY é um processo primário, sua interrupção implicaria na perda da rastreabilidade da maioria dos radionuclídeos produzidos no LNMRI. Assim sendo, embora A04 já exerça a função de supervisor de outro processo, ele seria a única pessoa com o grau requerido para assumir a supervisão do processo CAL4πβY. Tal fato implicaria na sobreposição de funções ou na substituição imediata de A04 no processo em que atualmente ele atua como supervisor. Como consequência, somente A08 poderia assumir a supervisão do processo EspY, já que uma vez excluído A04, A08 é a única pessoa, com o grau de proficiência requerido e nesse caso a sobreposição de funções seria inevitável. Note-se a importância de A04, já que em termos do conhecimento requerido, o mesmo está apto a supervisionar três processos.

Com a aposentadoria de Sx em 2016, admitiu-se que seu sucessor mais provável é A26, para evitar nova substituição em 2017, data prevista para a aposentadoria do outro possível substituto (A28). Tal escolha implica em que

passaria a haver apenas uma pessoa (A28) apta a substituir os supervisores dos processos CALRp (S_{Rp}), CALRt (S_{Rt}) e do próprio CALX (S_x), ainda que apenas por um ano, devido à aposentadoria de A28, como já mencionado anteriormente. No mesmo ano, o número de substitutos possíveis para o supervisor do processo PrFtes (S_{Ftes}) diminui com a aposentadoria de A07.

Nos anos seguintes (2018 e 2019) a situação se mantém até que em 2020, ela se agrava. Nesse ano ocorre a saída do S_{Ftes} e sua substituição por A15 além da aposentadoria do S_{Rp} , sem que haja substituto para a sua função. Caso isso ocorra esse processo será descontinuado.

Mais grave ainda é que a aparente solução encontrada para os processos CAL4 $\pi\beta Y$ e EspY estaria comprometida, pois em 2020 tanto A04 como A08 estariam aposentados.

A partir de 2024 o processo PADFn também estará ameaçado de descontinuidade, devido à saída de seu supervisor. Como esse é um processo primário, sua descontinuidade, caso ocorra, ocasionará a perda de rastreabilidade das medições do processo CALMn.

Esta análise considera apenas os processos técnicos mais importantes do LNMRI. Contudo, além de outros processos de calibração rotineiros, o pessoal do Laboratório também está envolvido com atividades de P&D, emergência, ensino e treinamento. Como até 2020 cerca de 70% do pessoal técnico com formação superior planeja se aposentar, a menos que haja renovação de seu quadro, a maioria das atividades do Laboratório estará seriamente ameaçada de descontinuidade.

4.5.3 Análise da rede de partilha informação e conhecimento

A partir dos dados obtidos segundo a subseção 3.6.3, foi construído o grafo da rede de partilha que se encontra representado na FIG. 14, em que as setas indicam a direção do fluxo de conhecimento.

FIGURA 14 - Rede de partilha de informação e conhecimento

A rede é formada por quatro componentes sendo que dois deles são atores isolados (não consultam nem são consultados). Do ponto de vista de grandes domínios (áreas) de conhecimento, o LNMRI pode ser classificado em áreas: Metrologia de Radionuclídeos, Dosimetria das Radiações e Metrologia de Nêutrons. Tal classificação corresponde às divisões outrora existentes no laboratório. As cores dos componentes em vermelho, azul e verde correspondem respectivamente a cada uma delas.

Foram calculados indicadores de rede – densidade, fragmentação e reciprocidade e indicadores de nós (centralidade) – graus de saída, total e de intermediação.

4.5.3.1 Indicadores de rede

Na TAB. 5 são apresentados os resultados dos indicadores de rede que foram obtidos e são comentados a seguir.

TABELA 5 - indicadores da rede de partilha

Indicador de rede	Valor
Densidade	0.062
Fragmentação	0.579
Reciprocidade	0.149

O fato dos processos serem bem estruturados e consolidados contribui para que a ocorrência de dúvidas seja algo raro, o que explicaria a densidade da rede muito baixa. Por outro lado, além dos processos mapeados, também há atividades de P&D no LNMRI. Nesse contexto espera-se que o conhecimento seja compartilhado e utilizado para a criação de novos conhecimentos nas discussões sobre assuntos de trabalho, o que deveria aumentar um pouco a densidade.

Além disso, a existência de dois atores isolados reduz “artificialmente” a densidade. Computando-se separadamente a densidade dos dois maiores componentes, foram obtidos os valores: 0,133 (Radionuclídeos) e 0,124 (Dosimetria+Nêutrons). Esses valores são bem mais razoáveis do que o da rede como um todo.

Finalmente do ponto de vista de compartilhamento de informações e conhecimento o grau de reciprocidade é baixo, pois para o caso de uma organização de P&D seria esperado um valor maior.

O alto valor de fragmentação obtido igual a 0,579 deixa de ser significativo, quando se observa que os dois maiores componentes contêm mais de 93% dos nós da rede.

4.5.3.2 Indicadores de nós

Na FIG. 15 estão representados os resultados dos graus de saída para cada ator da rede. Como já mencionado na seção 2.3, esse indicador reflete o quanto o nó considerado (ator) é ativo em suprir informação/conhecimento aos demais. O gráfico mostra uma forma de distribuição que é típica para indicadores de grau em redes sociais – a distribuição do tipo “*power-law*”, caracterizada pelo fato que poucos têm muito e muitos têm pouco (Clauset et. al., 2009).

FIGURA 15 - Graus de saída da rede de Partilha

A partir de um corte com base no grau de saída ≥ 3 destaca-se um grupo de atores mais relevantes, cujos graus de saída juntos, somam 74% das arestas da rede.

Para entender o que explica ou influencia a configuração dos componentes da rede, comparou-se o posicionamento de cada ator (indicadores de nós), com os seguintes atributos: i) grande área de conhecimento; ii) função e iii) processo onde atua.

Os resultados dos indicadores de nós e seus respectivos atributos são resumidos na TAB. 6.

TABELA 6 - Indicadores e atributos de atores mais relevantes

Pessoa	Grau de saída	Grau total	Intermediação	Componente	Função	Processo
A04	7	9	0,033	Rad	supervisão	PrFtes
A03	6	8	0,023	Rad	supervisão	CAL4πβY
A12	6	7	0,008	Rad	supervisão	EspY
A17	5	7	0,014	Dos+Neu	operação	outro
A28	4	4	0	Dos+Neu	operação	outro
A18	3	6	0,012	Dos+Neu	supervisão	CALMn
A08	3	6	0,007	Rad	chefe	outro
A25	3	4	0,001	Dos+Neu	operação	CALX, CALRp
A22	3	3	0	Dos+Neu	supervisão	CALX

A análise da FIG. 16 e dos resultados da TAB. 6 permitiram observar que dos nove atores mais relevantes desta rede, cinco deles são supervisores ou ocupam função de chefia. Tais resultados poderiam sugerir que o “organograma” explicaria essa proeminência na rede. No entanto, considerando que os processos são executados por um operador e um supervisor, apenas uma unidade no grau de saída pode ser atribuída a esta relação. Portanto, os resultados indicaram que a seleção desses atores, por seus pares, deve-se ao reconhecimento dos mesmos como fontes confiáveis de conhecimento e informação.

Entre os nove atores mais relevantes, sete deles além de se destacarem pelo grau de saída (são consultados), também consultam outras pessoas, pois o grau total de cada um é maior que seu respectivo grau de saída. Isso é um fato bastante positivo em redes desse tipo.

Na FIG. 14 observou-se que há três atores, que são “*boundary spanners*”, ou seja, se fossem removidos da rede a fragmentariam. É o caso dos atores A04, A15 e A20. Os dois primeiros causariam impacto menor no componente onde estão, uma vez que, apenas um ator seria desconectado do componente. Quanto ao nó A20, as consequências na rede seriam maiores já que sua saída causaria uma ruptura no componente do qual ele faz parte, interrompendo o fluxo entre os dois conjuntos de atores.

Os resultados também mostraram que ambos os componentes (Radionúclídeos e Dosimetria+Nêutrons) estão equitativamente representados entre os atores mais relevantes.

Como já mencionado na seção 2.3, a centralidade de intermediação reflete a maior ou menor probabilidade de uma informação ou conhecimento “passar” pelo nó. Isto porque ele é calculado como a razão entre os caminhos geodésicos que passam pelo nó e o total dos caminhos geodésicos existentes entre os pares de nós da rede. O valor absoluto desse indicador não é tão importante, mas o fato de seis dos atores desse grupo também estarem entre os nós de maiores centralidades de grau reforça bastante a importância dos mesmos.

Na FIG.16 os pontos representam um ou mais atores em função dos seus graus de saída e de entrada. Os mesmos são identificados de A1 a A30.

FIGURA 16 - Distribuição dos atores quanto aos graus de saída e entrada

Considerando a linha de regressão e o valor médio do grau de saída 1,8 (linha vertical), o gráfico fica dividido em quatro regiões.

Os comentários a seguir são válidos apenas dentro do contexto da rede de partilha de informação e conhecimento e para os usos que se possa fazer disso.

As análises que se seguem deveriam ser complementadas por análises específicas da situação de cada ator, pois pode ser que o processo em que estejam envolvidos e as atribuições administrativas a que estejam sujeitos sejam a causa do seu comportamento na rede. No entanto, este nível de detalhamento está fora do escopo e contexto desta pesquisa, pois isto implicaria em identificar e expor nominalmente os atores neste relato. Feitas essas ressalvas seguem as análises.

Na região 3 estão os atores que, além de reconhecidos por seus pares como fontes confiáveis de conhecimento, também recorrem a outros atores na busca de informação. Estes são como o “fermento no bolo” e normalmente ajudam bastante a difundir e criar novos conhecimentos.

Na região 4 estão aqueles cujo potencial é reconhecido por seus pares, mas, aparentemente, estão satisfeitos com o que sabem, e têm pouca iniciativa em consultar outras pessoas. De qualquer forma, isso indica que algumas ações podem ser tomadas pela organização para promover o surgimento de mais ligações nessa rede.

Na região 2, observamos aqueles que ainda não são tão reconhecidos por seus pares, mas que estão na busca de conhecimento e informações consultando os mais proficientes. De novo, seria interessante cruzar estas informações com o tempo em que cada ator está no LNMRI, porém isso faria com que a identidade dos mesmos fosse revelada, o que em uma publicação de domínio público (tese) não é eticamente correto.

Finalmente, na região 1 encontram-se sintomas de situações não desejáveis, pois encontram-se os atores que não estão efetivamente contribuindo para a evolução do conhecimento organizacional. Ressalte-se que 2 deles, A24 e A27 são completamente isolados (coordenadas 0, 0) e que, por não estarem participando de nenhum processo (outras funções ou outras razões) ao responderem o questionário indicaram não consultar ninguém e também ninguém citou que os consultava. De qualquer forma há três outros nesta região, que deveriam ser alvo de uma abordagem por parte da organização, para que eles venham a se integrar melhor na rede de partilha.

5 CONCLUSÕES

A metodologia desenvolvida abrange mapeamento e análise de processos, elicitacão e mapeamento de conhecimento, análise crítica e análise sociotécnica com base na Análise de Redes Sociais. Ela foi concebida com etapas claramente definidas, o que proporcionou que a cada uma delas fossem obtidos resultados parciais que responderam algumas das questões de pesquisa, como também constituíram as entradas para a consecução da análise de vulnerabilidades.

Essa estrutura, associada às métricas de ARS possibilitou identificar e caracterizar os principais ativos intelectuais do LNMRI e analisar a capacidade de evolução dos mesmos perante cenários realistas, comprovando a eficácia da metodologia concebida.

No tocante ao desenvolvimento do trabalho, como grande parte do mesmo envolveu contato direto com o pessoal do LNMRI, através de várias entrevistas e muitas vezes, da participação e observação na execução das atividades técnicas no dia a dia, alguns aspectos desse contato favoreceram o processo de interação e conseqüentemente, a qualidade dos dados obtidos.

O primeiro deles refere-se ao fato da autora da pesquisa ser funcionária do IRD, ter experiência na área nuclear e ter desenvolvido trabalhos anteriores com o pessoal do LNMRI, em função de sua posição como gerente da qualidade do IRD, por um período de dez anos.

Outro fator fundamental foi a informação prévia, ao entrevistado, quanto às questões que motivaram a pesquisa, seus objetivos e à importância da fidelidade e completeza das informações para qualquer ação futura relativamente ao problema em questão.

Todos os fatores mencionados possibilitaram um aprofundamento das questões técnicas, durante as entrevistas, que muitas vezes envolveu um processo de aprendizado do entrevistador mais do que somente um processo de coleta de dados. A autora pode constatar na prática que a informação e o conhecimento são mais facilmente compartilhados quando há certa afinidade e confiança entre as partes envolvidas.

Portanto qualquer trabalho similar que venha a ser realizado por pessoas externas à organização, que não tenham formação técnica e

conhecimento da área em questão, terá maiores dificuldades, o que deve demandar a colaboração de facilitadores internos que possuam esse conjunto de competências.

Essas constatações referem-se principalmente às etapas de mapeamento dos processos e identificação dos conhecimentos.

De forma similar, a análise da relevância dos processos do LNMRI contou com o conhecimento prévio do entrevistador sobre a organização e foi realizada envolvendo especialistas e gestores que também estão familiarizados com os processos e têm uma visão clara das necessidades dos clientes, da missão e visão do IRD. Essas condições possibilitaram a definição dos critérios para a avaliação e também reunir informações de modo a identificar a cadeia de clientes de cada processo e classificá-los por segmento de acordo com a sua natureza, de tal forma que foi possível atribuir uma importância relativa aos mesmos, em termos do impacto causado, caso fossem interrompidos, respondendo, em consenso com a chefia do LNMRI, a primeira questão da pesquisa: *“Quais são os processos da organização que se interrompidos, teriam o maior impacto na missão e na visão do IRD e também nos usuários finais?”*.

Devido ao conteúdo bastante técnico dos conhecimentos envolvidos, foi um desafio para o entrevistador, descrevê-los de forma coerente, abrangente o suficiente e em uma linguagem local que permitisse sua caracterização e também a identificação de similaridades com conhecimentos de outros processos, mantendo-se a fidelidade ao relato do especialista.

Em relação ao primeiro objetivo específico deste trabalho, “Mapear e caracterizar os principais conhecimentos do LNMRI” considera-se que o mesmo foi alcançado já que os processos técnicos mais relevantes do LNMRI foram identificados, mapeados e caracterizados em termos dos conhecimentos a eles incorporados, das pessoas que os detêm e em que grau, resultados esses que foram validados pelos especialistas, responsáveis por cada um dos processos.

Os resultados obtidos com a conclusão dessa etapa do trabalho também responderam a duas outras questões de pesquisa: *“Quais os conhecimentos relacionados aos processos mais importantes?”* e *“Quem são os principais atores destes conhecimentos?”*.

No tocante à identificação dos conhecimentos críticos, duas etapas foram realizadas. A primeira envolveu a avaliação do conjunto de conhecimentos

dos processos estudados, de acordo com critérios de relevância, disponibilidade na memória organizacional, curvas de aprendizado e vulnerabilidade e custo de reposição.

O conhecimento foi considerado crítico na medida em que ele possui as características abordadas nos critérios de avaliação que foram adotados (maior escore), e quando há iminência de perda da pessoa que o detém. Assim sendo, embora essa etapa possa ser utilizada para que os gestores estabeleçam prioridades na definição de ações para conter ou mitigar uma possível perda, no contexto desse trabalho, ela teve como propósito apenas classificar os objetos de conhecimento segundo o conjunto de critérios mencionados.

A partir da classificação obtida na primeira etapa, foram identificados cento e sessenta objetos de conhecimentos mais importantes que quando ligados às pessoas através da relação *“pessoas que possuem tal conhecimento em tal grau”*, constituem a matriz direcional e valorada que representa a rede dos conhecimentos mais importantes do LNMRI. Esse resultado atendeu ao segundo objetivo específico, *“Identificar e caracterizar a meta-rede do LNMRI formada por processos, conhecimentos e pessoas”*.

Ao identificar *“quem sabe o quê e em que grau”* esse trabalho forneceu uma importante contribuição à caracterização da memória organizacional do IRD, que é um elemento fundamental para subsidiar não só um planejamento de sucessão, que envolva ações de transferência de conhecimento, como também ações que visem estimular a criação de novos conhecimentos, como a criação de comunidades de prática e grupos de trabalho com pessoas cujas competências sejam complementares.

Dando continuidade à identificação dos conhecimentos críticos, a segunda etapa, envolveu uma investigação da extensão em que cada um dos conhecimentos mais importantes do LNMRI está ameaçado de perda, utilizando-se a ARS e o conceito de esferas de influência. Para tal, foram identificadas as pessoas que possuem cada um desses conhecimentos, com o grau igual ou superior aquele requerido para desempenhar funções em dois níveis: operacional e de supervisão. Com o propósito de avaliar a disponibilidade futura desses conhecimentos, analisou-se o quanto os mesmos se encontram ameaçados de perda tendo em vista as datas previstas para a aposentadoria dos envolvidos.

Com o propósito de exemplificar a metodologia, foram considerados apenas os quinze conhecimentos de maior relevância (maior escore). Contudo, esse número deve ser ampliado em função da profundidade da análise que se deseja.

Os resultados obtidos responderam à quarta questão de pesquisa, *“Quais desses conhecimentos são críticos, considerando o risco e o impacto de sua perda?”*.

Se considerarmos apenas os conhecimentos críticos individualmente, esse resultado também responde a quinta questão de pesquisa: *“Que pessoas causariam maior impacto negativo caso deixem o LNMRI?”*, e indica um aspecto da vulnerabilidade da rede LNMRI, que é objeto da sexta questão de pesquisa.

Contudo, uma análise complementar foi realizada levando em conta que a extensão do impacto negativo causado por uma pessoa, caso a mesma deixe o LNMRI, está relacionado ao número e ao grau dos conhecimentos que ela possui e à disponibilidade de sua substituição por outra pessoa.

Assim, por meio da determinação do grau de centralidade de linha foram analisadas as redes valoradas pessoas x conhecimentos, de cada um dos processos estudados, em que o conjunto e o grau de conhecimentos de cada pessoa foram avaliados em relação ao nível máximo possível (Todos os conhecimentos no maior grau – condição de supervisor). Uma vez identificadas para cada processo, as pessoas que detêm o maior número de conhecimentos e em maior grau, foram consideradas aptas para o cargo de supervisor aquelas cuja centralidade de linha era maior ou igual à 80% do valor máximo.

Os resultados complementaram de uma forma sistêmica e mais detalhada, a resposta à quinta questão de pesquisa - *“Que pessoas causariam maior impacto negativo caso deixem o LNMRI?”*, no que se refere à continuidade de seus processos. Isto porque na obtenção destes resultados, foram considerados os critérios de substituição por semelhança cognitiva e função a substituir. Eles também atendem ao terceiro objetivo específico: *“Avaliar o risco de perda de conhecimento organizacional a partir de métricas de Análise de redes”*, uma vez que foram utilizados os o conceito de *“esfera de influência”* e o *“grau de centralidade de linha”* para a análise em questão, como descrito na seção 2.5.

No tocante à avaliação da vulnerabilidade da rede LNMRI duas abordagens foram adotadas: em termos conhecimentos e de processos, como mencionado anteriormente. Essa última considerou inicialmente, apenas a extensão da proficiência de cada pessoa, em relação ao conjunto de conhecimentos de cada processo. Para avaliar os possíveis impedimentos à substituição do supervisor (especialista), foram considerados dois atributos de nós (pessoas), que refletem diferentes cenários - disponibilidade e dedicação; descritos na subseção 3.5.2.

A avaliação foi complementada com uma análise da situação de cada pessoa frente ao tempo para sua aposentadoria, considerando-se os próximos 10 anos.

Os resultados apontam para cenários preocupantes diante de dificuldades na substituição dos supervisores. No decorrer do ano de 2015, dois processos (CAL4 $\pi\beta Y$ e EspY) perderão seus supervisores e até o momento em que os dados foram coletados, não havia substitutos disponíveis com a proficiência requerida. No decorrer do ano de 2016, o supervisor do processo CALX deve se aposentar. Caso isso ocorra, o agente A26 está apto para substituí-lo. Durante os três anos seguintes uma aparente redução do problema estaria estabelecida não fosse a necessidade de uma solução para os processos CAL4 $\pi\beta Y$ e EspY. Além disso, durante o ano de 2020, uma vez consumada a aposentadoria do supervisor do processo CALRp, caso um substituto não seja preparado a tempo, provavelmente esse processo também estará ameaçado de descontinuidade. A mesma perspectiva é esperada para o processo PADFn, no decorrer do ano de 2024, caso seu supervisor deixe o LNMRI.

Com base na experiência adquirida e nos resultados obtidos no decorrer dessa pesquisa, considera-se que a metodologia concebida, atendeu de forma eficaz aos propósitos estabelecidos neste trabalho. Sua aplicação no LNMRI possibilitou um diagnóstico detalhado da situação do conhecimento da organização. No tocante à análise de vulnerabilidades, foram adotados cenários realistas que abordaram problemas que o IRD tem vivenciado, como a redução de jornada de trabalho e o acúmulo de funções chave por uma mesma pessoa, no caso, supervisionar processos técnicos no LNMRI. Cabe destacar que a metodologia desenvolvida permite a modelagem de quaisquer outros atributos de interesse e pode ser utilizada em qualquer tipo de organização, desde que

observados os comentários do início desse capítulo acerca do conhecimento técnico da equipe destacada para aplicá-la e sua proximidade com o pessoal do LNMRI.

APÊNDICE A - Identificação dos processos técnicos do LNMRI

QUADRO 6 - Lista dos processos técnicos do LNMRI e suas abreviaturas

Nome do processo	Abreviatura
Produção de fontes radioativas	PrFtes
Realização do padrão primário da grandeza atividade em sistema de contagem em coincidência $4\pi\beta(\text{CP}) - \gamma(\text{NaI})$	CAL $4\pi\beta\gamma$
Calibração de fontes radioativas por espectrometria gama - Detector de HPGe (Germânio de alta pureza)	Esp γ
Padronização secundária de campos de nêutrons - Calibração de monitores de nêutrons	CALMn
Calibração de câmaras de ionização por substituição com padrão secundário, no ar em raios X de baixas e médias energias.	CALX
Calibração de câmaras de ionização por substituição com padrão secundário no ar com fonte de radiação γ – Aplicação em radioterapia	CALRt
Calibração de câmaras de ionização por substituição com padrão secundário no ar com fonte de radiação γ – Aplicação em radioproteção	CALRp
Realização do padrão primário da grandeza fluência de nêutrons pelo método de banho com sulfato de manganês	PADFn
Calibração de fontes radioativas com câmara de ionização tipo poço	CALCI
Calibração de fontes radioativas com detector proporcional 2π	CAL 2π
Calibração de fontes radioativas por cintilação líquida	CALCL
Produção de matrizes certificadas	Matz
Calibração de instrumentos de radioproteção por substituição com padrão secundário no ar com fonte de radiação γ (Co-60; Cs-137).	CALIRp
Programa de intercomparação de medições de radiofármacos	ProgRdf
Irradiação de instrumentos e amostras diversas em campos de referencia com fonte de radiação X.	IrradX
Irradiação de instrumentos e amostras diversas em campos de referencia com fonte de radiação γ (Co-60; Cs-137).	Irrad γ
Irradiação de instrumentos e amostras diversas em campos de referência com fonte de nêutrons	Irradn

APÊNDICE B - Resultado da Avaliação da relevância dos processos técnicos do
LNMRI

TABELA 7 - Notas atribuídas aos processos em cada critério adotado

Nome do processo	NOTAS				TOTAL
	Visão	Missão	Gravidade	Amplitude	
CAL4 $\pi\beta$ Y	5	5	5	5	20
EspY	5	5	5	5	20
CALMn	5	5	5	5	20
CALX	5	5	5	5	20
CALRt	5	5	5	5	20
CALRp	5	5	5	5	20
PADFn	5	5	5	5	20
IrradY	4	5	5	5	19
PrFtes	4	5	5	5	19
Irradn	4	3	3	2	17
ProgRdf	4	5	4	4	17
IrradX	4	5	5	2	16
CALCI	4	4	4	3	15
CALIRp	4	4	3	3	14
Matz	4	3	3	3	13
CAL2 π	3	4	3	2	12
CALCL	3	4	3	2	12

APÊNDICE C - Roteiro para entrevistas

1. O que se deve saber sobre a radiação que se deseja medir?
2. Qual o modelo teórico que descreve o fenômeno que origina aquela radiação?
3. Quais as características da fonte de radiação que devem ser consideradas/conhecidas no processo de medição?
4. Quais os tipos, detalhes construtivos e de operação de uma fonte de radiação?
5. No fenômeno que origina a radiação de interesse, outros tipos de radiação são gerados? Caso isso ocorra, qual a sua influência sobre o processo de medição e como quantificá-la e minimizá-la?
6. Qual é o princípio de detecção da radiação de interesse?
7. Quais os tipos, detalhes construtivos e de operação dos detectores utilizados?
8. Quais os parâmetros relevantes no ajuste dos instrumentos eletrônicos utilizados na medição operação?
9. Como caracterizar o feixe (ou o campo) de radiação, utilizada como padrão na medição?
10. Considerando o processo de interesse, quais os outros instrumentos necessários para execução da medição?
11. Quais são os fatores que interferem diretamente na medição?
12. Como minimizar essa interferência/monitorar esses parâmetros?
13. Qual a interferência admissível, desses parâmetros, no resultado final? Como avaliar?
14. Nos processos de medição quais os componentes mecânicos que definem o set up e sua influência no fenômeno?
15. Qual a representação matemática que caracteriza o fenômeno a ser medido considerando todos os parâmetros que o compõe?
16. O que deve ser considerado se desejarmos montar um laboratório?
17. O que deve ser considerado para operacionalizar o sistema de medição?
18. O que deve ser considerado para padronizar a metodologia?
19. São necessárias habilidades para executar alguma das tarefas? Quais são?
20. Além de conhecimento específico sobre o processo considerado, quais os demais conhecimentos necessários?

APÊNDICE D - Lista de conhecimentos

QUADRO 7 - Descrição dos conhecimentos dos processos do LNMRI e suas abreviaturas

Conhecimentos do processo CALX	Abreviatura
Conhecer os parâmetros que caracterizam um gerador de R-X e sua influência na formação do feixe (compatibilidade elétrica, mecânica e termo hidráulico).	ParamGer_X
Conhecer as condições ambientais elétricas, do laboratório, requeridas durante a calibração (pressão, temperatura e umidade), sua influencia no processo, assim como os parâmetros que caracterizam cada um dos instrumentos de medição adequados ao seu monitoramento (barômetros, termômetros, higrômetro).	CondAmbElet_X
Conhecer como estabelecer os critérios de aceitação de resultados de calibração de instrumentos auxiliares, de modo a minimizar sua contribuição na incerteza expandida.	CritAux_X
Conhecer/especificar os componentes do arranjo experimental e demais equipamentos necessários para alinhamento do sistema de medição (banco óptico, sistema de fixação do tubo de raios X, lasers, relógio comparador).	ArranjoEspecif_X
Conhecer a teoria da interação de raios-X com a matéria – influência da densidade, pureza e espessura de filtros absorvedores e forma geométrica de colimadores para a caracterização das qualidades requeridas.	CaractQualInteraç_X
Conhecer operação de espectrômetros e análise de espectros para a caracterização das qualidades requeridas.	Espect_X
Conhecer os conceitos da teoria da cavidade e os parâmetros característicos de uma câmara de ionização (detalhes de construção, tensão de operação, volume nominal) para seleção da câmara padrão adequada a cada faixa de energia.	DefClpd_X
Conhecer como definir o <i>layout</i> do sistema de raios-X no laboratório, de modo a minimizar a influência do posicionamento relativo entre o tubo de raios-X, o transformador, refrigeradores, estabilizador e painel de controle, no desempenho do processo de calibração.	Layout_X
Conhecer como estabelecer as características construtivas do laboratório (área, espessura de parede, blindagens, etc.), adequadas ao processo de calibração.	ConstruLab_X
Conhecer como definir o sistema de aquisição e análise de dados e os equipamentos necessários (eletrômetros, computador, softwares).	DefSAD_X

Conhecimentos do processo CALX	Abreviatura
Conhecer normas, guias e procedimentos aplicados à raios-X.	DNorm_X
Conhecer, ter o domínio da operação dos equipamentos e conhecer métodos e técnicas para alinhamento do sistema de medição (mesa, lasers, relógio comparador, medidores de nível e feixe).	Alinh_X
Conhecer como implantar as qualidades (determinar as filtrações inerente e adicional para a qualidade em questão - camada semi-redutora, tensão e corrente no tubo de raios X, diafragmas).	ImplQual_X
Conhecer como avaliar a homogeneidade e distribuição dos feixes de raios X.	HomgDist_X
Conhecer as grandezas de influencia e sua contribuição na incerteza expandida – estabelecer a expressão matemática para calcular a incerteza expandida da calibração.	InctzComp_X
Conhecer como definir o conjunto de testes para avaliar o desempenho do sistema e estabelecer critérios de aceitação (fuga, repetitividade).	TestesDesemp_X
Conhecer como estabelecer o procedimento de calibração (Determinar a sequência e o nº de medições, o tempo de aquisição de carga, o valor da corrente elétrica do tubo de raios X, o valor da tensão aplicada à câmara de ionização).	ProcCalibDef_X
Conhecer como estabelecer critérios de aceitação de resultados de calibração do laboratório – Análise crítica dos resultados de calibração - instrumentos de clientes.	CritResultDef_X
Conhecer as qualidades praticadas em cada tipo de câmara em função de sua aplicação (faixa de energia).	QualApl_X
Conhecer como avaliar as condições de calibração da câmara de ionização do cliente - Câmara climática.	AvalCondCI_X
Conhecer como operar todos os equipamentos, inclusive cuidados no manuseio (câmara climática, câmaras de ionização, eletrômetros, fontes de tensão, sistema da mesa XY)	EquipOperManus_X
Conhecer como conectar os componentes do sistema de medição (fonte de raios-X, câmaras e eletrômetros) e o computador para aquisição e análise dos dados.	ConexSist_X
Conhecer como posicionar as câmaras de ionização/ reproduzir o arranjo experimental para a calibração requerida.	ArranjoReprod_X
Conhecer como operar equipamento de raios X industrial, executar procedimento de pré-aquecimento e identificar quando deve ser automático ou manual.	EstabilizSist_X
Conhecer e ser capaz de reproduzir as qualidades estabelecidas	QualReprod_X
Conhecer como operar sistema de aquisição de dados em linguagem LAB VIEW.	OperSAD_X

Conhecimentos do processo CALX	Abreviatura
Conhecer como executar testes de fuga e repetitividade e aplicar critérios de aceitação (identificar equilíbrio térmico e elétrico).	TestesDes_X
Conhecer como aplicar critérios de aceitação de resultados de calibração - Instrumentos de clientes.	CritResultAplic_X
Conhecimentos do processo CALMn	Abreviatura
Conhecer as diferentes fontes de nêutrons, baseadas em radionuclídeos, geradores de nêutrons e compreender suas características (Mecanismos de produção e espectro de nêutrons)	CarcactFtes_Mn
Conhecer as grandezas utilizadas na caracterização de campos de nêutrons e suas especificidades (grandezas físicas, operacionais, para radioproteção e coeficientes de conversão).	Grandezas_Mn
Conhecer normas, guias e procedimentos aplicados à caracterização de campos de nêutrons.	DNorm_Mn
Conhecer a teoria da interação de nêutrons com a matéria e os processos de detecção de nêutrons.	InterDetec_Mn
Conhecer a operação de espectrômetros, deconvolução e análise de espectros para interpretação da resposta do instrumento a ser calibrado/ irradiado - caracterização dos campos de nêutrons.	EspecDeconv_Mn
Conhecer eletrônica básica para operação de instrumentos auxiliares de avaliação de sinais com osciloscópio e multímetros.	Eletron_Mn
Conhecer como operar o <i>long counter</i> para calibração secundária de fontes de nêutrons - verificação intermediária.	LongCounOp_Mn
Conhecer e saber como prover as condições ambientais e elétricas requeridas durante a calibração (temperatura constante, fio terra e linha estabilizada de energia) - espalhamento e atenuação	AmbProj_Mn
Conhecer como estabelecer as características construtivas de um laboratório de baixo espalhamento (dimensões mínimas necessárias, materiais para revestimento, espessura de parede, blindagens, etc.), adequadas ao processo de calibração.	ConstruLab_Mn
Conhecer como definir e parametrizar o sistema de aquisição e análise de dados (computador, softwares).	DefSAD_Mn

Conhecimentos do processo CALMn	Abreviatura
Conhecer como especificar um sistema de posicionamento automático considerando o alinhamento e o posicionamento angular detector X fonte, métodos e técnicas para alinhamento do sistema de medição (mesa, lasers, medidores de nível e feixe).	ArranjoEspf_Mn
Conhecer como operar os equipamentos, métodos e técnicas para alinhamento do sistema de medição (mesa, lasers, medidores de nível e feixe).	Alinh_Mn
Conhecer como avaliar a anisotropia da fonte de nêutrons.	Anisotropia_Mn
Conhecer como determinar os campos de radiação em função das grandezas operacionais (H^* ou H_p) a faixa de operação de cada modelo de monitor partir da fluência da fonte de nêutrons.	CampoCarac_Mn
Conhecer as grandezas influencia no processo de caracterização de campos de nêutrons e sua contribuição na incerteza expandida da calibração – estabelecer a expressão matemática para o cálculo.	InctzComp_Mn
Conhecer como definir o conjunto de testes para avaliar o desempenho do sistema e estabelecer critérios de aceitação (fuga, repetitividade).	TestDesDef_Mn
Conhecer como estabelecer o procedimento de calibração (sequência e nº de medições, faixa de calibração, modo de operação do monitor - taxa ou integrado).	ProcCalDef_Mn
Conhecer as faixas de H^* (10) e H_p (10) possíveis de serem reproduzidas (função da fonte de nêutrons e estrutura física do laboratório).	ReprH* (10) e H_p (10)_Mn
Conhecer as condições do laboratório requeridas durante a calibração (ambientais, elétricas, instrumentais, entre outras).	CondCal_Mn
Compreender e ser capaz de reproduzir o campo de radiação (nêutrons) requerido.	CampoRepr_Mn
Conhecer como posicionar o monitor de nêutrons, em relação à fonte, considerando seu volume de detecção.	PosicMon_Mn
Conhecer e operar os tipos/modelos de monitores de nêutrons - Influência do tempo morto e da sensibilidade nas leituras.	TiposModOper_Mn
Conhecer e operar o AUTOLAB.	Autolab_Mn
Conhecer como executar os procedimentos PT02B-003 e PT02B-004	ExeCal_Mn
Conhecer os critérios de aceitação de resultados de calibração instrumentos de clientes e como realizar ajustes eletrônicos nos instrumentos do cliente, quando possível.	AjusteMon_Mn

Conhecimentos do processo CAL4 $\pi\beta\gamma$	Abreviatura
Conhecer/ Interpretar o esquema de decaimento de radionuclídeos (parâmetros nucleares e atômicos - tipos de radiações emitidas, energias, % emissão e meia vida) e identificar os níveis de energia (linhas) mais adequados à medição da atividade.	DecaimRn_4 $\pi\beta\gamma$
Conhecer quais os tipos, detalhes construtivos e de operação de detectores (formação dos sinais elétricos gerados pela interação da radiação com o material do detector).	DetetoresCaract_4 $\pi\beta\gamma$
Conhecer a função (ser capaz de especificar) de cada módulo eletrônico que irá processar os sinais elétricos gerados nos detectores, de modo a atender as energia e intensidades das fontes a serem padronizadas, para extrair a máxima eficiência de funcionamento de cada um.	ModulEletrDef_4 $\pi\beta\gamma$
Conhecer o modelo teórico que descreve o processo de medição da radiação, considerando as interações das partículas/fótons emitidos no decaimento dos radionuclídeos de interesse, suas energias e as probabilidades de emissão.	ModTeórico_4 $\pi\beta\gamma$
Conhecer os parâmetros de influência no processo de padronização de fontes pelo método de coincidência 4 $\pi\beta\gamma$ e a contribuição de cada um deles na determinação da incerteza expandida.	InctzComp_4 $\pi\beta\gamma$
Conhecer a representação matemática que caracteriza o fenômeno a ser medido considerando todos os parâmetros que interferem na formação e captação do sinal principal (parâmetros devidos à instrumentação assim como parâmetros atômicos e nucleares).	RepreMatParam_4 $\pi\beta\gamma$
Conhecer como estabelecer as características construtivas do laboratório CAL4 $\pi\beta\gamma$ (área, espessura de parede, blindagens, etc.) e prover as condições ambientais e elétricas requeridas durante a calibração (temperatura e umidade constantes, fio terra e linha estabilizada de energia para eliminar os pulsos elétricos espúrios).	Contrulab_4 $\pi\beta\gamma$
Ser capaz de especificar cada um dos instrumentos auxiliares (que não entram no processamento do sinal) considerando aplicação/ influência no resultado final do processo medição (osciloscópio, gerador de pulsos, multímetro, conversor de tempo em amplitude, calibrador de tempo).	InstAuxilDef_4 $\pi\beta\gamma$
Conhecer os parâmetros relevantes no ajuste dos instrumentos eletrônicos utilizados na medição (o tempo morto - depende da taxa de contagem da fonte, o tempo de resolução de coincidência adequado - para evitar perda de coincidências reais e minimizar as coincidências aleatórias, nível de discriminação de ruídos, janela gama).	SinalPpalOtimiz4 $\pi\beta\gamma$

Conhecimentos do processo CAL4 $\pi\beta\gamma$	Abreviatura
Conhecer como especificar/construir o contador proporcional para a detecção de partículas carregadas e raios-X característicos, de forma a se obter alta eficiência de detecção para essas radiações.	DetPropEspecif_4 $\pi\beta\gamma$
Conhecer como especificar o detector para radiação gama que possua alta estabilidade e boa resolução energética (cintilador de NaI(Tl) ou um semicondutor de germânio).	DetGMEspecif_4 $\pi\beta\gamma$
Conhecer como construir uma blindagem para acomodar os detectores de maneira a reduzir ao máximo a radiação de fundo e as fluorescências de raios-X produzidas nos materiais da blindagem.	BlindagProj_4 $\pi\beta\gamma$
Conhecer como selecionar e especificar as interfaces entre os pulsos de saída da cadeia eletrônica e o computador para aquisição e análise dos dados.	DefSAD_4 $\pi\beta\gamma$
Ser capaz de Identificar/desenvolver metodologias para minimizar e quantificar os fenômenos indesejáveis que interferem na formação e captação do sinal principal que representa o fenômeno de interesse - tempo morto, ruídos eletrônicos, ganhos na amplificação, background, eficiência de detecção, posição relativa fonte x detector; etc. dependendo do arranjo experimental.	InterfSinPpal_4 $\pi\beta\gamma$
Conhecer como definir o conjunto de testes para avaliar o desempenho do sistema e estabelecer critérios de aceitação - Garantia da qualidade: controle da Resolução, Razão Pico-Compton, fator de normalização, tempo morto, background - Testes pré-operacionais de rotina.	TestesDesDef_4 $\pi\beta\gamma$
Conhecer como estabelecer critérios de aceitação de resultados de calibração do laboratório – avaliação do resultado final (valor limite para a incerteza, comparação com outros métodos).	CritResultDef_4 $\pi\beta\gamma$
Conhecer como estabelecer a metodologia para determinação do tempo morto do sistema de contagem em coincidência 4 $\pi\beta\gamma$.	TmortoMetod_4 $\pi\beta\gamma$
Conhecer como estabelecer a metodologia para ajuste do nível de discriminação do canal β e do canal γ do sistema de contagem em coincidência 4 $\pi\beta\gamma$.	DiscCnl $\beta\gamma$ Met_4 $\pi\beta\gamma$
Conhecer como estabelecer a metodologia para determinação do retardo relativo entre os pulsos dos canais β e do canal γ e determinação do tempo de resolução do sistema de contagem em coincidência 4 $\pi\beta\gamma$.	RetarCnl $\beta\gamma$ Met_4 $\pi\beta\gamma$
Ser capaz de executar o conjunto de testes para avaliar o desempenho do sistema e aplicar critérios de aceitação - Garantia da qualidade: controle da Resolução, Razão Pico-Compton, fator de normalização, tempo morto, background). Testes pré-operacionais de rotina.	CritDesAplic_4 $\pi\beta\gamma$

Conhecimentos do processo CAL4 $\pi\beta\gamma$	Abreviatura
Ser capaz de executar o procedimento DA02C-009 - Determinação do tempo morto do sistema de contagem em coincidência 4 $\pi\beta\gamma$.	TmortoDet_4 $\pi\beta\gamma$
Ser capaz de executar os procedimentos DA02C-010 e DA02C-011 - Ajuste do nível de discriminação do canal β e do canal γ do sistema de contagem em coincidência 4 $\pi\beta\gamma$.	DiscCnl $\beta\gamma$ Ajuste_4 $\pi\beta\gamma$
Ser capaz de executar o procedimento DA02C-012 - Determinação do retardo relativo entre os pulsos dos canais β e do canal γ e determinação do tempo de resolução do sistema de contagem em coincidência 4 $\pi\beta\gamma$.	RetarResolDet_4 $\pi\beta\gamma$
Conhecimento dos fundamentos metrológicos associados às medições: conservação dos padrões, cadeia metrológica, significado e propagação de incertezas.	FundMetrol_4 $\pi\beta\gamma$
Conhecer eletrônica básica para avaliação de sinal de instrumentação eletrônica (osciloscópio, multímetro, etc.).	Eletron_4 $\pi\beta\gamma$
Conhecer os conceitos de radioproteção e de manuseio de fontes radioativas.	Radiop_4 $\pi\beta\gamma$
Conhecimentos do processo Esp γ	Abreviatura
Conhecer como estabelecer as características construtivas do laboratório Espec_ γ (área, condições prediais, rede elétrica e de computadores, ambientais, acomodação de equipamentos, acesso - movimentação de gases - blindagens. espessura de parede, etc.) - Segurança física e radiológica.	ConstLab_Esp γ
Conhecer como estabelecer o sistema de aquisição de dados - detecção e processamento de sinal – computacional.	SAD_Esp γ
Conhecer/ Interpretar o esquema de decaimento de radionuclídeos (parâmetros nucleares e atômicos - tipos de radiações emitidas, energias, % emissão e meia vida) e identificar os níveis de energia (linhas) mais adequados à medição da atividade.	DecRdn_Esp γ
Conhecer quais os tipos, detalhes construtivos e de operação de detectores (diferentes tipos de configuração de cristal detector e formação dos sinais elétricos gerados) - Ser capaz de especificar o detector para radiação gama que possua alta estabilidade e boa resolução energética (cintilador de NaI(Tl) ou um semicondutor de germânio).	DetEspec_Esp γ
Conhecer a função (ser capaz de especificar) de cada módulo eletrônico que irá processar os sinais elétricos gerados nos detectores, de modo a atender as energia e intensidades das fontes a serem padronizadas, para extrair a máxima eficiência de funcionamento de cada um.	EspEletr_Esp γ

Conhecimentos do processo EspY	Abreviatura
Conhecer o modelo teórico que descreve o processo de medição da radiação, considerando as interações das partículas/fótons emitidos no decaimento dos radionuclídeos de interesse, suas energias e as probabilidades de emissão.	ModTeórico_EspY
Conhecer a representação matemática que caracteriza o fenômeno a ser medido considerando todos os parâmetros que interferem na formação e captação do sinal principal (parâmetros devidos à instrumentação, arranjo experimental, assim como parâmetros atômicos e nucleares).	RepMatPar_EspY
Conhecer os parâmetros relevantes no ajuste dos instrumentos eletrônicos utilizados na medição e naqueles decorrentes da atividade da fonte e do posicionamento relativo fonte X detector - tempo morto, empilhamento de pulsos, pico soma, pico de aniquilação, atenuação por espalhamento, background, entre outros.	AjustEletPar_EspY
Conhecer como construir uma blindagem para acomodar os detectores de maneira a reduzir ao máximo a radiação de fundo e as fluorescências de raios-X produzidas nos materiais da blindagem.	BlindProj_EspY
Conhecer como selecionar e especificar as interfaces entre os pulsos de saída da cadeia eletrônica e o computador para aquisição e análise dos dados.	DefSAD_EspY
Conhecer como definir o conjunto de testes para avaliar o desempenho do sistema (resolução, repetitividade) e estabelecer critérios de aceitação.	TestDesDef_EspY
Conhecer como estabelecer critérios de aceitação de resultados de calibração do laboratório – Análise crítica de certificados de padronização da fonte.	CritResulDef_EspY
Conhecer como estabelecer os critérios de aceitação de resultados de calibração de instrumentos auxiliares de modo a minimizar sua contribuição na incerteza expandida - osciloscópio, multímetro, fonte de alta tensão, etc.	CritInstAux_EspY
Radioquímica (propriedades nucleares e atômicas, físico químicos para manipulação, forma de estocagem - conservação, geometria, pureza radionuclídica).	Radioq_EspY
Conhecimento sobre instrumentação nuclear (função/operação dos componentes do sistema de medição: detector, blindagem, eletrônica associada e vaso para Nitrogênio líquido) e do seu efeito na formação do sinal (ajustes eletrônicos do set up do sistema – sinal x ruído, resolução; operação de osciloscópio, multímetro e interpretação de sinais);	InstrNucl_EspY
Conhecer e ser capaz de operar o sistema aquisição de dados Maestro.	MaestroOper_EspY

Conhecimentos do processo EspY	Abreviatura
Conhecer como calibrar o detector em eficiência e em energia.	CalEfEnDet_EspY
Conhecer e ser capaz de executar o procedimento PE1A-004: Calibração de Fontes Radioativas Emissoras Gama – HPGe.	ProcCalExec_EspY
Conhecer e ser capaz de executar procedimento PE1A-005_Teste de Desempenho do Sistema de Espectrometria Gama com Detector de Germânio.	AvalDesemp_EspY
Conhecer e ser capaz de executar os procedimentos: PE1-001_Determinação de Incertezas de Medição na Metrologia de Radionuclídeos.	InctzDet_EspY
Conhecer/ estabelecer as características da fonte em questão, adequadas para determinado propósito- parâmetros físico-químicos, radioquímicas, nucleares e atômicas: radioquímica, física nuclear básica, decaimento radioativo visando seu armazenamento e conservação de padrões.	CaractFteDef_EspY
Conhecimento dos fundamentos metrológicos associados às medições: conservação dos padrões, cadeia metrológica, significado e propagação de incertezas.	FundMetrol_EspY
Conhecer os conceitos de radioproteção e de manuseio de fontes radioativas.	RadiopManus_EspY
Conhecimentos do processo PrFtes	Abreviatura
Conhecer como estabelecer as características construtivas do laboratório de preparação e prover as condições ambientais e elétricas requeridas (área, temperatura e umidade constantes; bancadas antiruído e antichoque; sistema de ar refrigerado e revestimento para uniformização da temperatura e pressão - deslocamento de ar.)	ConstLab_Ftes
Ser capaz de especificar as balanças adequadas para atender os níveis de precisão requeridos considerando o fato de se utilizar soluções de alta concentração de atividade	BalançasEspec_Ftes
Conhecer/ estabelecer as características da fonte em questão, adequadas a determinado propósito - parâmetros físico-químicos, radioquímicos, nucleares e atômicos (radioquímica, física nuclear básica, decaimento radioativo), visando seu armazenamento e conservação de padrões.	CaractFteDef_Ftes
Conhecer como avaliar a atividade, o pH, a quantidade disponível de soluções mãe e a data da calibração em função da atividade da fonte e geometria solicitadas.	SolMãe_Ftes
Conhecer como calcular a massa da alíquota para preparação da fonte - decaimento radioativo e operação do banco de dados “Fichário de fontes”.	Aliquota_Ftes

Conhecimentos do processo PrFtes	Abreviatura
Conhecer e ter habilidade em preparar/organizar os materiais e equipamentos necessários para a preparação das fontes.	OrgMat_Ftes
Conhecer as condições ambientais necessárias durante a preparação, como controlá-las e medi-las (T, umidade e P).	CondAmb_Ftes
Conhecer e ter habilidade na técnica de pesagem de soluções radioativas, por diferença em micro balança eletrônica - operação de centrífugas.	PesagHabil_Ftes
Conhecer e ter habilidade no manuseio de soluções radioativas em ampolas de vidro e picnômetros com pinças - habilidade no uso de abridor de ampolas e maçarico à gás.	SolRadManus_Ftes
Conhecer as grandezas influencia e sua contribuição na incerteza expandida do processo.	InctzComp_Ftes
Conhecer o tipo de embalagem adequado a cada radionuclídeo e condições para transporte - Função do tipo de emissão e forma física da fonte (OD1-031)/normas de transporte de material radioativo, monitoração de carga e veículo, e limites de liberação/ Informações do conteúdo da embalagem (instruções de manuseio).	Embalagem_Ftes
Conhecer as grandezas influencia e sua contribuição na incerteza expandida do processo	Incert_Ftes
Conhecer e ter habilidade para a preparação de suportes de fontes metálicas (eletro-depositadas) e Vyns.	EletrodVyns_Ftes
Conhecimento dos fundamentos metrológicos associados às medições: conservação dos padrões, cadeia metrológica, significado e propagação de incertezas.	FundMetrol_Ftes
Conhecer e operacionalizar os conceitos de radioproteção e de manuseio de fontes radioativas durante o processo de preparação.	RadiopManus_Ftes
Conhecimentos do processo CALRt	Abreviatura
Conhecer os parâmetros que caracterizam um irradiador Y e sua adequação às necessidades do laboratório (espaço disponível, blindagem, tipo e atividade das fontes, dispositivos e sistemas de segurança, características elétricas, mecânicas).	CaractGerR_Rt
Conhecer as condições ambientais e elétricas do laboratório, requeridas durante a calibração (pressão, temperatura e umidade), sua influência no processo, assim como os parâmetros que caracterizam cada um dos instrumentos de medição adequados ao seu monitoramento (barômetros, termômetros, higrômetro).	CondCalLab_Rt
Conhecer como estabelecer os critérios de aceitação de resultados de calibração de instrumentos auxiliares, de modo a minimizar sua contribuição na incerteza expandida.	CalibInsAux_Rt

Conhecimentos do processo CALRt	Abreviatura
Conhecer/especificar os componentes do arranjo experimental e demais equipamentos necessários para alinhamento do sistema de medição (lazers, transdutor de deslocamento).	ArranjoEspecif_Rt
Conhecer a teoria da interação de raios- γ com a matéria – (influência da densidade, pureza e espessura de filtros absorvedores e forma geométrica de colimadores para a caracterização dos feixes).	CaractFeixeInter_Rt
Conhecer as grandezas influencia e sua contribuição na incerteza expandida – estabelecer a expressão matemática para calcular a incerteza expandida da calibração.	InctzComp_Rt
Conhecer os requisitos normativos para o licenciamento da instalação e como implementá-los - Comissionamento da fonte.	DocNorComiss_Rt
Conhecer os conceitos da teoria da cavidade e os parâmetros característicos de uma câmara de ionização (detalhes de construção, tensão de operação, volume nominal) para seleção da câmara padrão adequada às energias aplicadas à Radioterapia.	CaracCI padrão_Rt
Conhecer como estabelecer as características construtivas do laboratório (área, espessura de parede, blindagens, etc.), adequadas ao processo de calibração.	Constr_Rt
Conhecer como definir o sistema de aquisição e análise de dados e os equipamentos necessários (eletrômetros, computador, softwares)	SAD_Rt
Conhecer os tipos de câmaras utilizados em radioterapia que podem ser calibradas nas condições fornecidas pelo laboratório (tipo de fonte, incerteza expandida, faixa de medição)	TiposCI_Rt
Conhecer como definir o conjunto de testes para avaliar o desempenho do sistema e estabelecer critérios de aceitação (fuga, repetitividade)	AvalDesemp_Rt
Conhecer como estabelecer o procedimento de calibração (Determinar a sequência e o nº de medições, o tempo de aquisição de carga, o valor da corrente elétrica, o valor da tensão aplicada à câmara de ionização)	EProcCalib_Rt
Conhecer como estabelecer critérios de aceitação de resultados de calibração do laboratório – instrumentos de clientes.	CritResultDef_Rt
Conhecer como determinar o impacto da fuga na corrente medida (carga/tempo.)	FugaCorrente_Rt
Ser capaz de reconhecer quando o sistema está estável e identificar o equilíbrio térmico e elétrico das câmaras de ionização.	EstabilizSist_Rt

Conhecimentos do processo CALRt	Abreviatura
Conhecer as verificações necessárias anteriores ao início da calibração (painel de controle, lâmpadas indicadoras de funcionamento do feixe, sistema de bloqueio do feixe, iluminação de emergência).	VerifPreOp_Rt
Conhecer os cuidados no manuseio e como operar todos os equipamentos do sistema de calibração em radioterapia, (acionamento do irradiador, câmaras, eletrômetros, cabos, fontes de tensão, sistema da mesa XY, mira telescópica).	OpSistCal_Rt
Conhecer como conectar os componentes do sistema de medição (Irradiador, câmaras e eletrômetros) e o computador para aquisição e análise dos dados.	Interfaces_Rt
Conhecer como posicionar as câmaras de ionização/ reproduzir o arranjo experimental para a calibração requerida (ar ou <i>phantom</i> de água).	PosiciCI_Rt
Conhecer os parâmetros envolvidos na aquisição dos dados de medição e como obtê-los (carga, tempo de irradiação, pressão, temperatura e umidade - operar sistema de aquisição de dados em linguagem LAB VIEW).	LabView_Rt
Conhecer como operar o sistema de registros de dados de calibração AUTOLAB.	Autolab_Rt
Conhecer como aplicar critérios de aceitação de resultados de calibração - instrumentos de clientes (dependência energética, teorema de Bayes)	CritResultAplic_Rt
Conhecimento dos fundamentos metrológicos associados às medições: conservação dos padrões, cadeia metrológica, significado e propagação de incertezas.	FundMetrol_Rt
Conhecer os conceitos de radioproteção e de manuseio de fontes radioativas.	RadiopManus_Rt
Conhecimentos do processo CALRp	Abreviatura
Conhecer os parâmetros que caracterizam um irradiador Y e sua adequação às necessidades do laboratório (espaço disponível, blindagem, tipo e atividade das fontes, dispositivos e sistemas de segurança, características elétricas, mecânicas).	ParamIrdY_Rp
Conhecer as condições ambientais e elétricas do laboratório, requeridas durante a calibração (pressão, temperatura e umidade), sua influência no processo, assim como os parâmetros que caracterizam cada um dos instrumentos de medição adequados ao seu monitoramento (barômetros, termômetros, higrômetro).	CodAmbEle_Rp
Conhecer como estabelecer os critérios de aceitação de resultados de calibração de instrumentos auxiliares, de modo a minimizar sua contribuição na incerteza expandida.	CritInsAux_rp

Conhecimentos do processo CALRp	Abreviatura
Conhecer/especificar os componentes do arranjo experimental e demais equipamentos necessários para alinhamento do sistema de medição (lazers, transdutor de deslocamento).	Arranjo_Rp
Conhecer a teoria da interação de raios- γ com a matéria – (influência da densidade, pureza e espessura de filtros absorvedores e forma geométrica de colimadores para a caracterização dos campos de radiação).	CaracCamposInter_Rp
Conhecer as grandezas influencia e sua contribuição na incerteza expandida – estabelecer a expressão matemática para calcular a incerteza expandida da calibração.	InctzComp_Rp
Conhecer os requisitos normativos para o licenciamento da instalação e como implementa-los - Comissionamento da fonte.	DNormComiss_Rp
Conhecer os conceitos da teoria da cavidade e os parâmetros característicos de uma câmara de ionização (detalhes de construção, tensão de operação, volume nominal) para seleção da câmara padrão adequada às energias aplicadas à Radioproteção.	DefClpd_Rp
Conhecer como estabelecer as características construtivas do laboratório (área, espessura de parede, blindagens, etc.), adequadas ao processo de calibração.	ConstruLab_Rp
Conhecer como definir o sistema de aquisição e análise de dados e os equipamentos necessários (eletrômetros, computador, softwares).	DefSAD_Rp
Conhecer os tipos de câmaras utilizados em radioproteção que podem ser calibradas nas condições fornecidas pelo laboratório (tipo de fonte, incerteza expandida, faixa de medição).	CapacCalTiposCI_Rp
Conhecer como avaliar as condições da câmara de ionização do cliente para a calibração - Câmara climática.	Pré-AvalCI_Rp
Conhecer como definir o conjunto de testes para avaliar o desempenho do sistema e estabelecer critérios de aceitação (fuga, repetitividade) - Garantia da qualidade.	TestesDesemp_Rp
Conhecer como definir o procedimento de calibração (Determinar a sequência e o nº de medições, o tempo de aquisição de carga, o valor da corrente elétrica, o valor da tensão aplicada à câmara de ionização).	ProcCalibDef_Rp
Conhecer como estabelecer critérios de aceitação de resultados de calibração do laboratório – instrumentos de clientes.	CritResultDef_Rp
Conhecer como determinar o impacto da fuga na corrente medida (carga/tempo).	FugaCorrente_Rp
Ser capaz de reconhecer quando o sistema está estável e identificar o equilíbrio térmico e elétrico das câmaras de ionização.	EquilTerElet_Rp

Conhecimentos do processo CALRp	Abreviatura
Conhecer as verificações necessárias anteriores ao início da calibração (painel de controle, lâmpadas indicadoras de funcionamento do feixe, sistema de bloqueio do feixe, iluminação de emergência).	VerifPreOp_Rp
Conhecer os cuidados no manuseio e como operar todos os equipamentos do sistema de calibração em radioterapia, (acionamento do irradiador, câmaras, eletrômetros, cabos, fontes de tensão, sistema da mesa XY, mira telescópica).	EquipOperManus_Rp
Conhecer como conectar os componentes do sistema de medição (Irradiador, câmaras e eletrômetros) e o computador para aquisição e análise dos dados.	SistMedConex_Rp
Conhecer como posicionar as câmaras de ionização/ reproduzir o arranjo experimental para a calibração requerida.	ArranjoReprod_Rp
Conhecer como aplicar critérios de aceitação de resultados de calibração - instrumentos de clientes (dependência energética, teorema de Bayes).	CritResultAplic_Rp
Conhecer os parâmetros envolvidos na aquisição dos dados de medição e como obtê-los (carga, tempo de irradiação, pressão, temperatura e umidade - operar sistema de aquisição de dados em linguagem LAB VIEW).	LabView_Rt
Conhecer como operar o sistema de registros de dados de calibração AUTOLAB.	Autolab_Rp
Conhecimento dos fundamentos metrológicos associados às medições: conservação dos padrões, cadeia metrológica, significado e propagação de incertezas.	FundMetrol_Rp
Conhecer os conceitos de radioproteção e de manuseio de fontes radioativas.	RadiopManus_Rp
Conhecimentos do processo PADFn	Abreviatura
Conhecer as diferentes fontes de nêutrons, baseadas em radionuclídeos, geradores de nêutrons e compreender suas características (Mecanismos de produção e espectro de nêutrons).	CarcactFtes_Fn
Conhecer as grandezas utilizadas na caracterização de campos de nêutrons e suas especificidades (grandezas físicas, operacionais, para radioproteção e coeficientes de conversão)	Grandezas_Fn
Conhecer como estabelecer as características construtivas do laboratório para operar o BSM (área, condições prediais, rede elétrica e de computadores, ambientais, acomodação de equipamentos, acesso, blindagens, instrumentação eletrônica espessura de parede, etc.) - Segurança física e radiológica.	ConstruLab_Fn
Conhecer como definir e parametrizar o sistema de aquisição e análise de dados (computador, softwares).	DefSADPAD_Fn

Conhecimentos do processo PADFn	Abreviatura
Conhecer e ser capaz de executar o procedimento PT2B-001 – Padronização primária de fontes de nêutrons.	ProcPadExec_Fn
Conhecer as grandezas de influência no processo de padronização (BSM) e sua contribuição para a incerteza expandida - estabelecer a expressão matemática para o cálculo da incerteza.	InctzComp_Fn
Conhecer a operação de espectrômetros, deconvolução e a análise de espectros para caracterização dos campos de nêutrons.	EspectDeconv_Fn
Conhecer eletrônica básica para operação de instrumentos auxiliares de avaliação de sinais com osciloscópio e multímetros.	Eletron_Fn
Ser capaz de estabelecer os critérios de aceitação do processo de verificação intermediária da taxa de emissão do padrão LNMRI.	CritAcetPadrão_Fn
Conhecer como avaliar a anisotropia da fonte de nêutrons.	Anisotropia_Fn
Conhecer como estabelecer o procedimento de padronização primária de fontes de nêutrons.	ProcCalibDef_Fn
Conhecer e operar os tipos/modelos de monitores de nêutrons - Influência do tempo morto e da sensibilidade na leitura.	SensibOpMon_Fn
Conhecer e operar o AUTOLAB	Autolab_Fn
Conhecer como definir o conjunto procedimentos pré-operacionais para avaliar/adequar o sistema do BSM (calibração do detector, pureza da solução de MnSO ₄ , razão nH/nMn) e estabelecer critérios de aceitação.	ProcPré_Fn
Conhecer como estabelecer os critérios de aceitação de resultados de calibração do laboratório.	CritResultDef_Fn
Conhecer e ter habilidade na técnica de pesagem de soluções radioativas, por diferença em micro balança eletrônica.	PesagHabil_Fn
Conhecer e ter habilidade na manipulação de soluções radioativas em ampolas de vidro e picnômetros com pinças - habilidade no uso de abridor de ampolas e maçarico a gás.	SolRadtManus_Fn
Conhecer Física de nêutrons (equações de transporte) - aplicada ao BSM.	EqTransp_Fn
Conhecer/ interpretar o esquema de decaimento de radionuclídeos (parâmetros nucleares e atômicos - tipos de radiações emitidas, energias, % emissão e meia vida) e identificar os níveis de energia (linhas) mais adequados à medição da atividade.	DecaimRdn_Fn

Conhecimentos do processo PADFn	Abreviatura
Conhecer quais os tipos, detalhes construtivos e de operação de detectores (diferentes tipos de configuração de cristal detector e formação dos sinais elétricos gerados) - Ser capaz de especificar o detector para radiação gama adequado à medição da atividade do Mn-56 na solução BSM irradiada.	DetGamaEspecif_Fn
Conhecer a função e ser capaz de especificar cada módulo eletrônico que irá processar os sinais elétricos gerados no detector de radiação gama, para extrair a máxima eficiência de funcionamento de cada um.	EspecModEletr_Fn
Conhecer os parâmetros relevantes no ajuste dos módulos eletrônicos para maximizar a relação entre o sinal principal e os sinais indesejáveis.	AjusteModEletr_Fn
Conhecimento dos fundamentos metrológicos associados às medições: conservação dos padrões, cadeia metrológica, significado e propagação de incertezas.	FundMetrol_Fn
Conhecer os conceitos de radioproteção e de manuseio de fontes radioativas aplicados à padronização de fonte de nêutrons (BSM).	RadiopManus_Fn
Conhecer o modelo teórico que descreve o processo de realização da grandeza fluência de nêutrons (BSM), considerando os diferentes tipos de fonte, as interações dos nêutrons com a solução de MnSO ₄ e demais materiais do sistema, as características químicas e físicas da solução de MnSO ₄ e os fótons emitidos no decaimento do radionuclídeo de interesse (Mn-56), suas energias e as probabilidades de emissão.	ModTeór_Fn
Conhecer métodos de Monte Carlo (visão geral) e ser capaz de utilizar o código MCNP (Monte Carlo Neutron Photon Code) - Simulação do transporte de radiação através do sistema (BSM).	MCarloGeral_Fn
Conhecer (bases teóricas, como preparar entradas e saídas para o código, técnicas de redução de variância, métodos perturbatórios) e operar o código MCNP (Monte Carlo Neutron Photon Code) - Simulação do transporte de radiação através do sistema (BSM).	MCarloAvanç_Fn
Conhecer a representação matemática que caracteriza o fenômeno a ser medido considerando todos os parâmetros que interferem na formação do Mn-56 (parâmetros atômicos e nucleares - n° atômico, seção de choque, meias vidas; a reação principal e as secundárias - captura de nêutrons, espalhamento, fuga; características físico-químicas do BSM - densidade, concentrações de seus elementos).	RepMat_Fn
Estabelecer os limites de concentrações dos elementos da solução de MnSO ₄ (Competição com o Mn pelos nêutrons térmicos) - Relação concentração e seção de choque.	LimMnS04Def_Fn
Conhecer e ser capaz de avaliar os sistemas estático e circulante para a padronização primária de nêutrons.	EstXCirc_Fn

Conhecimentos do processo PADFn	Abreviatura
Conhecer e ser capaz de manter a rastreabilidade da grandeza de interesse ao BIPM (participar de comparações chave com bom desempenho, promover intercomparações e discutir aspectos metrológicos relativos ao sistema de medição de Padronização primária de nêutrons com BSM).	Rastreab_Fn

APÊNDICE E - Resultados do processo de autoavaliação

112

QUADRO 8 - Matriz que representa a relação “pessoas que possuem tal conhecimento em tal grau”

CONHECIMENTOS	PESSOAS																													
	A01	A02	A03	A04	A05	A06	A07	A08	A09	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19	A20	A21	A22	A23	A24	A25	A26	A27	A28	A29	A30
Calibração de CI em feixes de raios X de baixa e média energias - (CALX)																														
Conhecer os parâmetros que caracterizam um gerador de R-X e sua influência na formação do feixe (compatibilidade elétrica, mecânica e tempo hidráulico)	3	1	2	0	1	0	0	3	0	0	0	5	1	2	0	0	4	3	2	5	0	5	2	0	0	5	0	5	1	2
Conhecer como estabelecer os critérios de aceitação de resultados de calibração de instrumentos auxiliares, de modo a minimizar sua contribuição na incerteza expandida	3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	4	3	1	5	0	5	2	0	0	5	3	5	0	3
Conhecer/especificar os componentes do arranjo experimental e demais equipamentos necessários para alinhamento do sistema de medição (banco óptico, sistema de fixação do tubo de raios X, lasers, relógio comparador)	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	4	4	1	5	3	5	0	0	0	5	0	5	3	3
Conhecer a teoria da interação de raios-X com a matéria – influência da densidade, pureza e espessura de filtros absorvedores e forma geométrica de colimadores para a caracterização das qualidades requeridas	2	2	2	0	2	0	0	1	0	0	0	3	0	2	0	0	4	4	3	4	0	5	0	0	0	5	3	4	2	3
Conhecer operação de espectrômetros e análise de espectros para a caracterização das qualidades requeridas	2	3	3	2	3	0	0	4	0	0	0	4	1	2	0	0	4	3	1	3	0	5	0	0	0	5	3	4	2	2
Conhecer os conceitos da teoria da cavidade e os parâmetros característicos de uma câmara de ionização para seleção da câmara padrão adequada a cada faixa de energia (detalhes de construção, tensão de operação, volume nominal)	2	1	2	1	1	0	0	1	0	0	0	3	1	2	0	0	4	4	3	5	3	5	1	0	0	4	2	5	3	3
Conhecer como definir o lay out do sistema de raios-X no laboratório, de modo a minimizar a influência do posicionamento relativo entre o tubo de raios-X, o transformador, refrigeradores, estabilizador e painel de controle, no desempenho do processo de calibração.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	4	4	1	4	3	5	1	0	0	4	2	4	2	1
Conhecer como estabelecer as características construtivas do laboratório (ârea, espessura de parede, blindagens, etc.), adequadas ao processo de calibração	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	2	1	3	0	0	4	4	2	4	0	5	1	0	0	3	2	5	1	1
Conhecer normas, guias e procedimentos aplicados a raios-X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	4	2	3	5	3	5	1	0	0	5	0	5	3	2
Conhecer, ter o domínio da operação dos equipamentos e conhecer métodos e técnicas para alinhamento do sistema de medição (mesa, lasers, relógio comparador, medidores de nível e feixe)	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	1	0	0	4	3	1	5	0	5	1	0	0	5	0	5	2	2
Conhecer como implantar as qualidades (determinar as filtrações inerente e adicional para a qualidade em questão - camada semi-redutora, tensão e corrente no tubo de raios X, diafragmas)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	4	2	2	4	0	5	1	0	0	5	0	4	1	3
Conhecer como avaliar a homogeneidade e distribuição dos feixes de raios X	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	4	3	2	5	2	5	1	0	0	5	1	4	3	3
Conhecer as grandezas influência e sua contribuição na incerteza expandida – estabelecer a expressão matemática para calcular a incerteza expandida da calibração	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	4	3	2	5	1	5	1	0	0	5	3	5	2	3
Conhecer como definir o conjunto de testes para avaliar o desempenho do sistema e estabelecer critérios de aceitação (fuga, repetitividade)	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	3	2	5	0	5	0	0	0	5	3	4	3	3
Conhecer como estabelecer o procedimento de calibração (Determinar a sequência e o nº de medições, o tempo de aquisição de carga, o valor da corrente elétrica do tubo de raios X, o valor da tensão aplicada à câmara de ionização)	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	3	2	5	0	5	0	0	0	4	0	4	1	3
Conhecer como estabelecer critérios de aceitação de resultados de calibração do laboratório - Análise crítica dos resultados de calibração – instrumentos de clientes	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	2	2	4	0	5	0	0	0	3	0	4	2	3
Conhecer como avaliar as condições da câmara de ionização do cliente para a calibração - Câmara climática	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	3	2	5	0	5	0	0	1	3	1	4	3	2
Conhecer como operar todos os equipamentos, inclusive cuidados no manuseio (câmara climática, câmaras de ionização, eletrômetros, fontes de tensão, sistema da mesa XY)	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	4	4	2	5	0	5	0	0	2	5	0	3	3	4
Conhecer como posicionar as câmaras de ionização/ reproduzir o arranjo experimental para a calibração requerida	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	4	4	2	5	0	5	2	0	2	5	0	5	3	4
Conhecer como operar equipamento de raios X industrial, executar procedimento de pré-aquecimento e identificar quando deve ser automático ou manual	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	4	0	1	5	0	5	2	0	3	5	0	5	4	3
Conhecer e ser capaz de reproduzir as qualidades estabelecidas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	4	3	1	5	0	5	2	0	1	5	0	4	4	3
Conhecer como executar testes de fuga e repetitividade e aplicar critérios de aceitação (identificar equilíbrio térmico e elétrico)	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	1	5	0	5	0	0	3	5	3	4	3	3
Conhecer como aplicar critérios de aceitação de resultados de calibração - instrumentos de clientes	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	3	1	5	0	5	0	0	0	5	0	4	1	3
Calibração de monitores de nêutrons (CALMn)																														
Conhecer as diferentes fontes de nêutrons, baseadas em radionuclídeos, geradores de nêutrons e compreender suas características (Mecanismos de produção e espectro de nêutrons)	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	2	5	5	5	0	0	3	0	0	0	0	0	1	0	2
Conhecer as grandezas utilizadas na caracterização de campos de nêutrons e suas especificidades (grandezas físicas, operacionais, para radioproteção e coeficientes de conversão)	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	5	5	5	3	0	3	0	0	0	0	0	1	0	2
Conhecer normas, guias e procedimentos aplicados a caracterização de campos de nêutrons	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	5	5	5	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0	1
Conhecer a teoria da interação de nêutrons com a matéria e os processos de detecção de nêutrons	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	2	0	0	5	5	5	0	0	3	0	0	0	1	2	1	0	3

Conhecer a operação de espectrômetros, deconvolução e a análise de espectros para interpretação da resposta do instrumento a ser calibrado/ irradiado - caracterização dos campos de nêutrons	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	5	5	5	2	0	3	0	0	0	0	0	0	0	2
Conhecer como operar o long counter para calibração secundária de fontes de nêutrons - verificação intermediária	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Conhecer e saber como prover as condições ambientais e elétricas requeridas durante a calibração (temperatura constante, fio terra e linha estabilizada de energia) - espalhamento e atenuação	1	2	2	0	1	0	0	2	0	0	0	4	1	1	0	2	5	5	5	0	1	3	1	1	0	0	0	1	0	3
Conhecer como estabelecer as características construtivas de um laboratório de baixo espalhamento (dimensões mínimas necessárias, materiais para revestimento, espessura de parede, blindagens, etc.), adequadas ao processo de calibração	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	5	5	5	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	2
Conhecer como definir e parametrizar o sistema de aquisição e análise de dados (computador, softwares)	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	5	5	5	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	3
Conhecer como especificar um sistema de posicionamento automático considerando o alinhamento e o posicionamento angular detector X fonte, métodos e técnicas para alinhamento do sistema de medição (mesa, lasers, medidores de nível e feixe)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	5	5	5	3	1	2	0	0	0	2	0	3	0	2
Conhecer como operar os equipamentos, métodos e técnicas para alinhamento do sistema de medição (mesa, lasers, medidores de nível e feixe)	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	5	5	5	3	1	2	0	0	0	2	0	3	0	2
Conhecer como avaliar a anisotropia da fonte de nêutrons	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	5	0	0	3	0	0	0	0	2	1	0	0
Conhecer como determinar os campos de radiação em função das grandezas operacionais (H* ou Hp) a faixa de operação de cada modelo de monitor partir da fluência da fonte de nêutrons	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	5	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0	3
Conhecer as grandezas influência no processo de caracterização de campos de nêutrons e sua contribuição para a incerteza expandida da calibração - estabelecer a expressão matemática para o cálculo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	5	0	0	4	0	0	0	1	2	1	0	2
Conhecer como definir o conjunto de testes para avaliar o desempenho do sistema e estabelecer critérios de aceitação	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	5	5	5	0	0	2	0	0	0	1	0	1	0	1
Conhecer como estabelecer o procedimento de calibração (sequência e nº de medições, faixa de calibração, modo de operação do monitor - taxa ou integrado)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	5	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1
Conhecer as faixas de H* (10) e Hp (10) possíveis de serem reproduzidas (função da fonte de nêutrons e estrutura física do laboratório)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	5	5	5	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0	2
Compreender e ser capaz de reproduzir o campo de radiação (nêutrons) requerido	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	5	5	5	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0	3
Conhecer como posicionar o monitor de nêutrons, em relação à fonte, considerando seu volume de detecção	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	5	5	5	0	0	4	0	0	0	0	2	1	0	3
Conhecer e operar os tipos/modelos de monitores de nêutrons - Influência do tempo morto e da sensibilidade na leituras	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	5	5	5	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	4
Conhecer e operar o AUTOLAB	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	5	5	4	0	0	0	0	4	0	3	0	1	0	3
Conhecer como executar os procedimentos PT02B-003 e PT02B-004	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	5	5	5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
Conhecer os critérios de aceitação de resultados de calibração do laboratório e como realizar ajustes eletrônicos nos instrumentos do cliente, quando possível	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Método absoluto (CAL4nBY)																														
Conhecer/ Interpretar o esquema de decaimento de radionuclídeos (parâmetros nucleares e atômicos - tipos de radiações emitidas, energias, % emissão e meia vida) e identificar os níveis de energia (linhas) mais adequados à medição da atividade	2	3	5	5	3	0	5	4	1	3	4	5	1	3	1	0	3	3	3	0	0	3	0	0	0	1	2	0	0	1
Conhecer quais os tipos, detalhes construtivos e de operação de detectores (formação dos sinais elétricos gerados pela interação da radiação com o material do detector)	3	3	5	5	4	0	4	4	0	2	4	5	2	3	0	0	3	3	3	2	0	4	0	0	0	1	0	0	0	2
Conhecer a função (ser capaz de especificar) de cada módulo eletrônico que irá processar os sinais elétricos gerados nos detectores, de modo a atender as energias e intensidades das fontes a serem padronizadas, para extrair a máxima eficiência de funcionamento de cada um	2	2	5	3	4	0	3	4	0	3	3	5	1	3	0	0	4	2	0	2	0	4	0	0	0	1	0	0	0	3
Conhecer o modelo teórico que descreve o processo de medição da radiação, considerando as interações das partículas/fótons emitidos no decaimento dos radionuclídeos de interesse, suas energias e as probabilidades de emissão	2	3	5	5	5	0	4	5	0	0	4	5	1	1	0	0	4	3	3	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	2
Conhecer os parâmetros de influência no processo de padronização de fontes pelo método de coincidência 4nBY e a contribuição de cada um deles na determinação da incerteza expandida	2	3	5	5	3	0	3	3	0	0	3	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Conhecer a representação matemática que caracteriza o fenômeno a ser medido considerando todos os parâmetros que interferem na formação e captação do sinal principal (parâmetros devidos à instrumentação assim como parâmetros atômicos e nucleares)	3	3	5	5	4	0	4	5	0	0	3	5	1	2	0	0	4	2	3	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	1
Conhecer como estabelecer as características construtivas do laboratório CAL4nBY (área, espessura de parede, blindagens, etc.) e prover as condições ambientais e elétricas requeridas durante a calibração (temperatura e umidade constantes, fio terra e linha estabilizada de energia para eliminar os pulsos elétricos espúrios)	2	3	4	5	3	0	4	4	0	0	4	5	1	1	0	0	4	3	3	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	1

Ser capaz de especificar cada um dos instrumentos auxiliares (que não entram no processamento do sinal) considerando aplicação/ influência no resultado final do processo medição (osciloscópio, gerador de pulsos, multímetro, conversor de tempo em amplitude, calibrador de tempo).	2	3	5	3	4	0	4	3	0	0	4	5	1	1	0	0	4	3	3	2	0	4	0	0	0	1	0	1	0	3
Conhecer os parâmetros relevantes no ajuste dos instrumentos eletrônicos utilizados na medição (o tempo morto - depende da taxa de contagem da fonte, o tempo de resolução de coincidência adequado - para evitar perda de coincidências reais e minimizar as coincidências aleatórias, nível de discriminação de ruídos, janela gama).	2	2	5	4	4	0	3	4	0	0	3	5	1	1	0	0	4	2	2	0	0	3	0	0	0	1	0	0	0	3
Conhecer como especificar/construir o contador proporcional para a detecção de partículas carregadas e raios-X característicos, de forma a se obter alta eficiência de detecção para essas radiações;	0	1	4	4	2	0	3	2	0	0	3	4	1	0	0	0	4	3	3	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	3
Conhecer como especificar o detector para radiação gama que possua alta estabilidade e boa resolução energética (cintilador de NaI(Tl) ou um semicondutor de germânio)	1	3	5	5	3	0	3	3	0	0	3	5	1	3	0	0	4	3	3	2	0	3	0	0	0	0	0	0	1	4
Conhecer como construir uma blindagem para acomodar os detectores de maneira a reduzir ao máximo a radiação de fundo e as fluorescências de raios-X produzidas nos materiais da blindagem.	0	3	5	5	4	0	2	4	0	0	3	5	1	3	0	0	4	3	3	2	1	4	0	0	1	1	3	0	1	2
Conhecer como selecionar e especificar as interfaces entre os pulsos de saída da cadeia eletrônica e o computador para aquisição e análise dos dados.	1	3	5	2	4	0	2	4	0	2	0	5	1	2	0	0	4	2	2	2	0	3	0	3	0	0	0	0	0	1
Ser capaz de Identificar/ desenvolver metodologias para quantificar e minimizar os fenômenos indesejáveis que interferem na formação e captação do sinal principal que representa o fenômeno de interesse (tempo morto, ruídos eletrônicos, ganhos na amplificação, background, eficiência de detecção, posição relativa fonte x detector; etc. dependendo do arranjo experimental.)	2	2	5	5	3	0	3	4	0	0	2	5	1	0	0	0	4	2	3	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	1
Conhecer como definir o conjunto de testes para avaliar o desempenho do sistema e estabelecer critérios de aceitação - (Garantia da qualidade: controle da Resolução, Razão Pico-Compton, fator de normalização, tempo morto, background). Testes pré operacionais de rotina)	0	2	5	5	3	0	3	3	0	0	1	4	0	1	0	0	2	2	2	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	2
Conhecer como estabelecer critérios de aceitação de resultados de calibração do laboratório – avaliação do resultado final (valor limite para a incerteza, comparação com outros métodos).	2	1	5	5	3	0	4	3	0	0	4	4	0	0	0	0	3	2	2	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	1
Conhecer como estabelecer a metodologia para determinação do tempo morto do sistema de contagem em coincidência 4πβY	1	2	5	5	4	0	4	3	0	0	3	4	0	1	0	0	3	2	2	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	1
Conhecer como estabelecer a metodologia para ajuste do nível de discriminação do canal β e do canal Y do sistema de contagem em coincidência 4πβY	2	2	5	5	3	0	4	3	0	0	4	5	0	1	0	0	3	2	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1
Conhecer como estabelecer a metodologia para determinação do retardo relativo entre os pulsos dos canais β e do do canal Y e determinação do tempo de resolução do sistema de contagem em coincidência 4πβY.	2	2	5	3	3	0	4	3	0	0	3	5	0	1	0	0	3	2	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1
Ser capaz de executar o conjunto de testes para avaliar o desempenho do sistema e aplicar critérios de aceitação (Garantia da qualidade: controle da Resolução, Razão Pico-Compton, fator de normalização, tempo morto, background). Testes pré operacionais de rotina	1	2	5	4	3	0	3	3	0	0	3	5	0	3	0	0	3	2	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	1
Ser capaz executar o procedimento DA02C-009 - Determinação do tempo morto do sistema de contagem em coincidência 4πβY	1	1	5	4	4	0	3	2	0	0	2	4	0	3	0	0	3	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	1
Ser capaz de executar os procedimentos DA02C-010 e DA02C-011 - Ajuste do nível de discriminação do canal β e do do canal Y do sistema de contagem em coincidência 4πβY	1	1	5	4	4	0	3	2	0	0	2	4	0	3	0	0	3	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	1
Ser capaz de executar o procedimento DA02C-012 - Determinação do retardo relativo entre os pulsos dos canais β e do do canal Y e determinação do tempo de resolução do sistema de contagem em coincidência 4πβY.	1	1	5	4	3	0	3	2	0	0	2	4	0	3	0	0	3	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	1
Conhecimento dos fundamentos metrológicos associados às medições: conservação dos padrões, cadeia metrológica, significado e propagação de incertezas.	3	3	5	5	4	1	5	5	4	2	5	4	2	5	2	0	4	5	5	0	1	5	0	0	0	2	2	2	0	4
Conhecer eletrônica básica para avaliação de sinal de instrumentação eletrônica (osciloscópio, multímetro, etc.).	5	3	5	5	4	1	5	4	0	5	5	5	1	5	0	1	5	4	4	3	0	5	1	1	0	3	3	1	0	4
Conhecer os conceitos de radioproteção e de manuseio de fontes radioativas.	3	3	5	5	5	1	5	4	5	3	5	4	2	4	2	2	5	5	5	2	0	5	1	1	1	2	2	3	0	4
Spectrometria Y (Esp Y)																														
Conhecer/ Interpretar o esquema de decaimento de radionuclídeos (parâmetros nucleares e atômicos - tipos de radiações emitidas, energias, % emissão e meia vida) e identificar os níveis de energia (linhas) mais adequados à medição da atividade	2	4	5	5	4	0	4	5	1	4	4	5	1	4	1	0	4	3	3	0	0	4	0	0	0	2	3	1	0	0
Conhecer quais os tipos, detalhes construtivos e de operação de detectores (diferentes tipos de configuração de cristal detetor e formação dos sinais elétricos gerados) - Ser capaz de especificar o detector para radiação gama que possua alta estabilidade e boa resolução energética (cintilador de NaI(Tl) ou um semicondutor de germânio).	2	4	5	5	4	0	3	5	0	3	2	5	1	4	0	0	4	3	3	2	0	5	0	0	0	1	0	0	0	0
Conhecer o modelo teórico que descreve o processo de medição da radiação, considerando as interações das partículas/fótons emitidos no decaimento dos radionuclídeos de interesse, suas energias e as probabilidades de emissão	2	4	5	5	4	0	5	5	0	4	3	5	1	4	0	0	4	3	3	3	0	5	0	0	0	3	2	0	0	0

Conhecer a representação matemática que caracteriza o fenômeno a ser medido considerando todos os parâmetros que interferem na formação e captação do sinal principal (parâmetros devidos à instrumentação, arranjo experimental, assim como parâmetros atômicos e nucleares)	1	3	5	5	4	0	3	5	0	3	1	5	1	4	0	0	4	3	3	3	0	5	0	0	0	1	2	0	0	0
Conhecer os parâmetros relevantes no ajuste dos instrumentos eletrônicos utilizados na medição e daqueles decorrentes da atividade da fonte e do posicionamento realtivo fonte X detector - tempo morto, empilhamento de pulsos, pico soma, pico de aniquilação, atenuação por espalhamento, background, entre outros.	1	2	5	5	3	0	3	5	0	4	2	5	1	4	0	0	4	3	3	3	0	5	0	0	0	1	0	0	0	0
Conhecer como selecionar e especificar as interfaces entre os pulsos de saída da cadeia eletrônica e o computador para aquisição e análise dos dados - detecção e processamento de sinal	1	4	5	5	5	0	3	5	0	1	1	5	1	4	0	0	4	2	2	3	0	5	0	0	0	1	0	0	0	0
Conhecer como definir o conjunto de testes para avaliar o desempenho do sistema (resolução, repetitividade) e estabelecer critérios de aceitação.	0	3	5	5	4	0	3	5	0	3	1	5	1	4	0	0	4	2	2	3	0	5	0	0	0	0	2	0	0	0
Conhecer como estabelecer critérios de aceitação de resultados de calibração do laboratório – Análise crítica de certificados de padronização da fonte	0	3	5	5	4	1	3	5	0	2	4	4	2	4	0	0	4	2	2	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0
Radioquímica (propriedades nucleares e atômicas, físico químicos para manipulação, forma de estocagem, conservação, geometria, pureza radionuclídica) - operação	0	3	4	5	3	1	3	5	0	0	5	3	3	4	2	0	4	2	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Conhecimento sobre instrumentação nuclear (função/operação dos componentes do sistema de medição: detector, blindagem, eletrônica associada e vaso para Nitrogênio líquido) e do seu efeito na formação do sinal (ajustes eletrônicos do set up do sistema – sinal x ruído, resolução; operação de osciloscópio, multímetro e interpretação de sinais);	1	5	5	4	4	0	5	5	0	3	4	5	2	2	0	0	4	3	3	0	0	5	0	0	0	1	0	0	0	0
Conhecer e ser capaz de operar o sistema aquisição de dados Maestro	2	5	5	5	5	0	3	5	0	3	3	5	2	4	0	0	4	2	2	0	0	3	0	2	0	0	0	1	0	0
Conhecer e ser capaz de calibrar o detector em eficiência e em energia.	0	3	5	5	5	0	4	5	0	4	2	5	1	4	0	0	4	0	0	0	0	4	0	0	0	1	0	0	0	0
Conhecer e ser capaz de executar o procedimento PE1A-004: Calibração de Fontes Radioativas Emissoras Gama - HPGe	0	4	5	5	5	0	2	5	0	4	2	5	1	5	0	0	4	0	0	0	0	3	0	0	0	1	0	0	0	0
Conhecer e ser capaz de executar procedimento PE1A-005_Teste de Desempenho do Sistema de Espectrometria Gama com Detector de Germânio	0	4	5	5	5	0	2	5	0	4	2	5	1	5	0	0	4	0	0	0	0	3	0	0	0	1	0	0	0	0
Conhecer e ser capaz de executar os procedimentos: PE1-001_Determinação de Incertezas de Medição na Metrologia de Radionuclídeos	0	4	5	5	5	0	2	5	0	4	2	5	1	5	0	0	4	0	0	0	0	3	0	0	0	1	0	0	0	0
Conhecer/ estabelecer as características da fonte em questão, adequadas à determinado propósito: parâmetros físico-químicos, radioquímicas, nucleares e atômicas: radioquímica, física nuclear básica, decaimento radioativo visando seu armazenamento e conservação de padrões	0	3	5	5	4	1	3	5	0	0	5	5	3	5	0	0	1	1	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Conhecimento dos fundamentos metrológicos associados às medições: conservação dos padrões, cadeia metrológica, significado e propagação de incertezas.	3	4	5	5	4	1	5	5	0	2	5	4	2	3	2	0	4	5	5	2	0	5	1	0	0	2	2	2	0	0
Conhecer os conceitos de radioproteção e de manuseio de fontes radioativas.	3	3	4	5	4	2	5	5	5	3	5	4	3	5	2	2	5	5	5	2	1	5	0	0	1	2	2	3	1	3
Preparação de fontes (PrFtes)																														
Ser capaz de especificar as balanças adequadas para atender o níveis de precisão requeridos considerando o fato de se utilizar soluções de alta concentração de atividade	0	3	5	5	3	3	5	4	0	0	5	4	5	0	5	0	3	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0
Conhecer/ estabelecer as características da fonte em questão, adequadas à determinado propósito: parâmetros físico-químicos, radioquímicas, nucleares e atômicas: radioquímica, física nuclear básica, decaimento radioativo visando seu armazenamento e conservação de padrões.	0	4	5	5	4	0	4	5	0	0	5	5	1	0	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Conhecer e ter habilidade na técnica de pesagem de soluções radioativas, por diferença em micro balança eletrônica - operação de centrífugas	0	2	2	2	2	3	4	3	0	0	5	2	5	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Conhecer e ter habilidade no manuseio de soluções radioativas em ampolas de vidro e picnômetros com pinças - habilidade no uso de abridor de ampolas e maçarico à gás	0	1	2	2	1	3	5	2	0	0	5	2	5	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Conhecer as grandezas influencia e sua contribuição na incerteza expandida do processo	0	3	4	5	2	0	5	4	1	0	4	0	4	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Conhecer e ter habilidade para a preparação de suportes de fontes metálicas (eletrodepositadas) e Vyns	0	1	3	2	2	2	4	1	0	0	5	2	4	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Conhecimento dos fundamentos metrológicos associados às medições: conservação dos padrões, cadeia metrológica, significado e propagação de incertezas.	3	3	5	5	4	2	5	5	3	1	5	3	2	3	5	1	5	4	4	2	0	5	0	0	1	3	2	2	0	2
Conhecer e operacionalizar os conceitos de radioproteção e de manuseio de fontes radioativas durante o processo de preparação.	3	3	4	5	3	3	5	4	4	3	5	3	4	3	5	1	5	3	3	2	1	5	0	0	1	1	2	3	1	3
Calibração de dosímetros clínicos em feixe de ⁶⁰Co em Kerma no ar (CALYrt)																														
Conhecer os parâmetros que caracterizam um irradiador Y e sua adequação às necessidades do laboratório (espaço disponível, blindagem, tipo e atividade das fontes, dispositivos e sistemas de segurança, características elétricas, mecânicas)	2	1	2	0	1	0	0	2	0	0	0	4	0	0	0	0	4	4	3	5	0	5	0	0	3	4	3	4	1	4
Conhecer as condições ambientais e elétricas do laboratório, requeridas durante a calibração (pressão, temperatura e umidade), sua influência no processo, assim como os parâmetros que caracterizam cada um dos instrumentos de medição adequados ao seu monitoramento (barômetros, termômetros, higrômetro)	3	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	4	0	0	0	0	4	4	3	5	1	5	1	1	3	4	4	4	2	4

Conhecer como estabelecer os critérios de aceitação de resultados de calibração de instrumentos auxiliares, de modo a minimizar sua contribuição na incerteza expandida	3	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	4	4	3	5	2	5	0	0	3	5	4	4	1	4
Conhecer/especificar os componentes do arranjo experimental e demais equipamentos necessários para alinhamento do sistema de medição (lâzeres, transdutor de deslocamento).	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	4	4	3	5	2	5	1	0	3	4	2	4	2	4
Conhecer a teoria da interação de raios-Y com a matéria – (influência da densidade, pureza e espessura de filtros absorvedores e forma geométrica de colimadores para a caracterização dos feixes.	2	2	3	2	2	0	1	2	0	0	1	4	0	0	0	0	4	4	0	5	1	5	1	0	1	4	4	5	1	4
Conhecer as grandezas influencia e sua contribuição na incerteza expandida – estabelecer a expressão matemática para calcular a incerteza expandida da calibração	2	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	3	0	0	0	0	3	3	2	5	0	5	0	0	2	5	4	4	1	3
Conhecer os requisitos normativos para o licenciamento da instalação e como implementá-los - Comissionamento da fonte	0	2	3	0	2	0	0	3	0	0	0	1	0	0	0	0	4	4	3	5	0	3	1	0	2	3	0	3	0	3
Conhecer os conceitos da teoria da cavidade e os parâmetros característicos de uma câmara de ionização (detalhes de construção, tensão de operação, volume nominal) para seleção da câmara padrão adequada às energias aplicadas à Radioterapia	2	1	1	2	1	0	0	1	0	0	0	4	1	0	0	0	4	4	3	5	0	5	1	0	3	4	3	4	2	5
Conhecer como definir o sistema de aquisição e análise de dados e os equipamentos necessários (eletrômetros, computador, softwares)	2	2	2	2	2	0	0	2	0	0	0	4	1	0	0	0	4	4	3	5	0	5	1	1	1	4	3	5	2	3
Conhecer os tipos de câmaras utilizados em radioterapia que podem ser calibradas nas condições fornecidas pelo laboratório (tipo de fonte, incerteza expandida, faixa de medição)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	2	5	0	5	0	0	1	4	2	4	0	3
Conhecer como definir o conjunto de testes para avaliar o desempenho do sistema e estabelecer critérios de aceitação (fuga, repetitividade)	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	2	5	1	5	0	0	3	4	3	4	2	4
Conhecer como estabelecer o procedimento de calibração (Determinar a sequência e o nº de medições, o tempo de aquisição de carga, o valor da corrente elétrica, o valor da tensão aplicada à câmara de ionização)	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	2	5	0	5	0	0	2	4	2	5	2	4
Conhecer como estabelecer critérios de aceitação de resultados de calibração do laboratório – instrumentos de clientes	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	2	5	0	5	0	0	2	4	2	4	1	4
Conhecer como determinar o impacto da fuga na corrente medida (carga/tempo)	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	2	5	1	5	0	0	2	4	4	4	3	4
Ser capaz de reconhecer quando o sistema está estável e identificar o equilíbrio térmico e elétrico das câmaras de ionização	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	3	5	0	5	0	0	1	4	3	5	0	4
Conhecer como posicionar as câmaras de ionização/ reproduzir o arranjo experimental para a calibração requerida (ar ou phantom de água)	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	0	5	0	5	0	0	3	5	3	4	3	4
Conhecer os parâmetros envolvidos na aquisição dos dados de medição e como obtê-los (carga, tempo de irradiação, pressão, temperatura e umidade) - operar sistema de aquisição de dados em linguagem LAB VIEW	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	0	5	0	5	0	1	1	5	2	4	2	4
Conhecer como aplicar critérios de aceitação de resultados de calibração - instrumentos de clientes (dependência energética, teorema de Bayes)	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	4	5	5	0	5	0	0	3	5	3	5	1	4
Conhecimento dos fundamentos metroológicos associados às medições: conservação dos padrões, cadeia metroológica, significado e propagação de incertezas.	4	1	5	5	3	0	3	5	0	0	3	3	1	0	2	0	5	5	4	5	1	5	1	0	2	5	4	4	1	5
Conhecer os conceitos de radioproteção e de manuseio de fontes radioativas.	4	4	4	5	3	0	3	5	3	3	3	4	3	2	3	1	5	5	5	5	2	5	2	2	3	5	4	4	2	5
Calibração de câmaras de ionização - 60Co e 137Cs em Kerma no ar (CALYRp)																														
Conhecer os parâmetros que caracterizam um irradiador Y e sua adequação às necessidades do laboratório (aplicação, espaço disponível, blindagem, tipo e atividade das fontes, dispositivos e sistemas de segurança, características elétricas, mecânicas)	2	1	2	0	1	0	0	2	0	0	0	4	0	0	0	0	4	4	3	5	0	5	0	0	3	4	3	4	1	5
Conhecer/especificar os componentes do arranjo experimental e demais equipamentos necessários para alinhamento do sistema de medição (lâzeres, transdutor de deslocamento, pointer).	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	1	4	4	3	5	2	5	1	0	3	4	3	4	2	5
Conhecer a teoria da interação de raios-Y com a matéria – (influência da densidade, pureza e espessura de filtros atenuadores para a caracterização do campo de radiação)	2	2	3	2	2	0	0	2	0	0	0	4	0	0	1	0	4	4	3	5	1	5	1	0	1	4	4	4	1	5
Conhecer as grandezas influencia e sua contribuição na incerteza expandida – estabelecer a expressão matemática para calcular a incerteza expandida da calibração	3	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	3	0	0	0	0	3	4	2	5	0	5	0	0	2	4	4	4	0	5
Conhecer os requisitos normativos para o licenciamento da instalação e como implementá-los - Comissionamento da fonte	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	3	4	0	3	0	0	2	3	0	3	0	5
Conhecer os conceitos da teoria da cavidade e os parâmetros característicos de uma câmara de ionização (detalhes de construção, tensão de operação, volume nominal) para seleção da câmara padrão adequada às energias aplicadas à Radioproteção	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	4	4	3	5	0	5	1	0	3	4	3	5	2	5
Conhecer como estabelecer as características construtivas do laboratório (área, espessura de parede, blindagens, etc.), adequadas ao processo de calibração	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	4	4	3	5	3	5	0	0	3	3	2	5	3	5
Conhecer como definir o sistema de aquisição e análise de dados e os equipamentos necessários (eletrômetros, computador, softwares)	3	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	4	4	2	5	0	5	0	2	1	4	1	4	2	4
Conhecer os tipos de câmaras utilizados em radioproteção que podem ser calibradas nas condições fornecidas pelo laboratório (tipo de fonte, incerteza expandida, faixa de medição)	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	4	4	2	5	0	5	0	0	1	4	2	5	0	5
Conhecer como avaliar as condições da câmara de ionização do cliente para a calibração - Câmara climática	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	2	5	0	5	0	0	3	4	1	5	2	4
Conhecer como definir o conjunto de testes para avaliar o desempenho do sistema e estabelecer critérios de aceitação (fuga, repetitividade) - Garantia da qualidade	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	2	5	1	5	0	0	3	4	3	4	2	5

Conhecer como estabelecer o procedimento de calibração (Determinar a sequência e o nº de medições, o tempo de aquisição de carga, o valor da corrente elétrica, o valor da tensão aplicada à câmara de ionização)	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	3	5	0	5	0	0	2	4	2	5	2	5	
Conhecer como estabelecer critérios de aceitação de resultados de calibração do laboratório – instrumentos de clientes	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	2	5	0	5	0	0	2	4	2	4	1	5	
Conhecer como determinar o impacto da fuga na corrente medida (carga/tempo)	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	1	5	1	5	0	0	2	4	3	4	3	5	
Conhecer os cuidados no manuseio e como operar todos os equipamentos do sistema de calibração em radioproteção, (acionamento do irradiador, câmaras, eletrômetros, cabos, fontes de tensão, sistema de posicionamento)	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	4	4	0	5	1	5	0	0	4	5	2	5	2	5	
Conhecer como conectar os componentes do sistema de medição (Irradiador, câmaras e eletrômetros) e o computador para aquisição e análise dos dados	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	4	4	1	5	0	5	0	2	3	5	2	5	1	5	
Conhecer como posicionar as câmaras de ionização/ reproduzir o arranjo experimental para a calibração requerida .	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	4	4	0	5	0	5	0	0	4	5	2	4	3	5	
Conhecer como aplicar critérios de aceitação de resultados de calibração - instrumentos de clientes (dependência energética, teorema de Bayes)	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	5	4	0	5	0	5	0	0	3	5	2	4	1	5	
Conhecimento dos fundamentos metroológicos associados às medições: conservação dos padrões, cadeia metroológica, significado e propagação de incertezas.	5	1	5	3	3	0	3	5	0	1	3	3	1	1	3	2	5	5	5	5	0	5	1	0	3	5	4	4	1	5
Conhecer os conceitos de radioproteção e de manuseio de fontes radioativas.	5	4	5	4	4	2	4	4	3	3	4	5	3	2	3	2	5	5	5	5	0	5	1	1	3	5	4	4	2	5
Padronização primária de fontes de nêutrons (PAD_Fn)																														
Conhecer as diferentes fontes de nêutrons, baseadas em radionuclídeos, geradores de nêutrons e compreender suas características (Mecanismos de produção e espectro de nêutros)	0	0	2	1	1	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	2	5	5	5	0	0	3	0	0	0	0	1	1	0	2
Conhecer como estabelecer as características construtivas do laboratório para operar o BSM (área, condições prediais, rede elétrica e de computadores, ambientais, acomodação de equipamentos, acesso, blindagens, instrumentação eletrônica espessura de parede, etc.) - Segurança física e radiológica.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	5	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	
Conhecer como definir e parametrizar o sistema de aquisição e análise de dados (computador, softwares)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	4	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Conhecer e ser capaz de executar o procedimento PT28-001 – Padronização primária de fontes de nêutrons.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	3	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Conhecer as grandezas de influência no processo de padronização (BSM) e sua contribuição para a incerteza expandida - estabelecer a expressão matemática para o cálculo da incerteza	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	3	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Conhecer a operação de espectrômetros, deconvolução e a análise de espectros para caracterização dos campos de nêutrons.	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	5	5	5	2	0	3	0	0	0	0	0	0	0	2	
Ser capaz de estabelecer os critérios de aceitação do processo de verificação intermediária da taxa de emissão do padrão LNMRI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	4	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Conhecer como avaliar a anisotropia da fonte de nêutrons.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	5	0	0	3	0	0	0	0	0	1	0	0	
Conhecer como estabelecer o procedimento de padronização primária de fontes de nêutrons.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	3	5	0	0	3	0	0	0	0	0	1	0	0	
Conhecer como definir o conjunto procedimentos préoperacionais para avaliar/adequar o sistema do BSM (calibração do detector, pureza da solução de MnSO ₄ , razão nH/nMn) e estabelecer critérios de aceitação.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	3	5	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	
Conhecer como estabelecer os critérios de aceitação de resultados de calibração do laboratório	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	3	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Conhecer Física de nêutrons (equações de transporte) - aplicada ao BSM	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	5	5	5	1	0	2	0	0	0	1	1	1	0	1	
Conhecer/ Interpretar o esquema de decaimento de radionuclídeos (parâmetros nucleares e atômicos - tipos de radiações emitidas, energias, % emissão e meia vida) e identificar os níveis de energia (linhas) mais adequados à medição da atividade.	2	4	5	5	4	0	4	5	1	4	4	5	1	4	1	0	4	3	3	0	0	4	0	0	2	3	1	0	0	
Conhecimento dos fundamentos metroológicos associados às medições: conservação dos padrões, cadeia metroológica, significado e propagação de incertezas.	1	1	3	4	2	0	0	4	1	1	2	2	0	0	0	1	5	5	5	4	0	4	0	0	1	4	3	4	0	4
Conhecer os conceitos de radioproteção e de manuseio de fontes radioativas aplicados à padronização de fonte de nêutrons (BSM).	3	3	4	4	3	2	3	4	2	2	4	4	2	2	2	2	5	5	5	4	0	4	1	1	2	3	3	3	1	3
Conhecer o modelo teórico que descreve o processo de realização da grandeza fluência de nêutrons (BSM), considerando os diferentes tipos de fonte, as interações dos nêutrons com a solução de MnSO ₄ e demais materiais do sistema, as características químicas e físicas da solução de MnSO ₄ e os fótons emitidos no decaimento do radionuclídeo de interesse (Mn-56), suas energias e as probabilidades de emissão.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	3	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Conhecer métodos de Monte Carlo (visão geral) e ser capaz de utilizar o código MCNP (Monte Carlo Neutron Photon Code) - Simulação do transporte de radiação através do sistema (BSM).	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	3	5	2	0	2	0	0	0	2	3	0	0	0	
Conhecer (bases teóricas, como preparar entradas e saídas para o código, técnicas de redução de variância, métodos perturbatórios) e operar o código MCNP (Monte Carlo Neutron Photon Code) - Simulação do transporte de radiação através do sistema (BSM).	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	3	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

[illegible]

APÊNDICE F - Dados da avaliação de relevância dos conhecimentos

TABELA 8 - Notas dos objetos de conhecimento por critério de avaliação

Conhecimento	Relevância	Disponibilidade na MO	Curva de aprendizado	Vulnerabilidade e custo de reposição	Total
ParamGer_X	5	2,20	3	2	12,20
CondAmbElet_X	3	1,40	2	1	7,40
CritAux_X	4	1,80	2	3	10,80
ArranjoEspecif_X	4	3,00	3	2	12,00
CaractQualInter_X	5	3,13	4	5	17,13
Espect_X	5	3,20	5	4	17,20
DefClpd_X	5	3,60	4	3	15,60
Layout_X	4	4,20	1	1	10,20
ConstruLab_X	4	2,67	2	1	9,67
DefSAD_X	3	1,00	3	2	9,00
DNorm_X	5	1,00	5	4	15,00
Alinh_X	5	3,80	4	2	14,80
ImplQual_X	5	4,60	5	5	19,60
HomgDist_X	5	4,20	5	5	19,20
InctzComp_X	5	2,80	5	4	16,80
TestesDesemp_X	5	2,60	4	3	14,60
ProcCalibDef_X	5	4,60	5	5	19,60
CritResultDef_X	5	1,67	3	4	13,67
QualApl_X	5	1,00	2	1	9,00
AvalCondCI_X	5	1,67	1	3	10,67
EquipOperManus_X	5	3,60	3	3	14,60
ConexSist_X	2	3,40	2	1	8,40
ArranjoReprod_X	4	3,00	2	1	10,00
EstabilizSist_X	4	3,20	3	1	11,20
QualReprod_X	4	3,80	3	1	11,80
OperSAD_X	2	3,00	2	1	8,00
TestesDes_X	4	3,00	2	1	10,00
CritResultAplic_X	4	4,60	4	2	14,60
CarcactFtes_Mn	4	1,00	2	3	10,00
Grandezas_Mn	5	1,80	3	3	12,80
DNorm_Mn	5	2,00	3	3	13,00
InterDetec_Mn	5	1,40	5	3	14,40
EspecDeconv_Mn	5	3,40	5	5	18,40
Eletron_Mn	3	1,00	2	2	8,00
LongCounOp_Mn	3	2,00	3	4	12,00

AmbProj_Mn	4	2,67	4	3	13,67
ConstruLab_Mn	4	2,00	3	3	12,00
DefSAD_Mn	3	3,00	4	3	13,00
ArranjoEspecif_Mn	3	3,00	3	3	12,00
Alinh_Mn	3	3,00	2	2	10,00
Anisotropia_Mn	5	3,00	3	3	14,00
CamposCaract_Mn	5	4,00	4	4	17,00
InctzComp_Mn	5	3,00	4	4	16,00
TestDesDef_Mn	5	3,00	5	4	17,00
ProcCalDef_Mn	5	4,00	4	3	16,00
ReprH* (10) e Hp (10)_Mn	5	4,00	3	3	15,00
CondCal_Mn	4	1,00	2	1	8,00
CampoRepr_Mn	5	1,00	3	3	12,00
PosicMon_MN	5	2,00	3	2	12,00
TipoModOper_Mn	5	3,00	5	3	16,00
Autolab_Mn	4	1,00	3	2	10,00
ExeCal_Mn	5	1,00	3	2	11,00
AjusteMon_Mn	5	2,67	3	3	13,67
DecaimRn_4 $\pi\beta Y$	5	3,00	5	5	18,00
DetetorCaract_4 $\pi\beta Y$	5	3,67	4	5	17,67
ModulEletDef_4 $\pi\beta Y$	5	1,20	4	5	15,20
ModTeórico_4 $\pi\beta Y$	5	2,00	4	5	16,00
InctzComp_4 $\pi\beta Y$	5	3,00	4	5	17,00
RepMatParam_4 $\pi\beta Y$	5	3,33	5	5	18,33
Contrulab_4 $\pi\beta Y$	5	3,00	4	5	17,00
InstAuxilDef_4 $\pi\beta Y$	5	4,00	5	5	19,00
SinalPpalOtimz4 $\pi\beta Y$	5	4,00	5	5	19,00
DetPropEspec_4 $\pi\beta Y$	5	4,00	4	5	18,00
DetGamEspec_4 $\pi\beta Y$	5	3,00	4	5	17,00
BlindagProj_4 $\pi\beta Y$	5	3,00	3	5	16,00
DefSAD_4 $\pi\beta Y$	5	3,00	3	5	16,00
InterfSinPpal_4 $\pi\beta Y$	5	3,00	5	5	18,00
TestesDesDef_4 $\pi\beta Y$	5	3,00	5	5	18,00
CritResultDef_4 $\pi\beta Y$	5	3,00	5	5	18,00
TmortoMetod_4 $\pi\beta Y$	5	4,00	3	1	13,00
DisCnl βY Met_4 $\pi\beta Y$	5	4,00	3	1	13,00
RetarCnl βY Met_4 $\pi\beta Y$	5	4,00	4		13,00
CritDesempApl_4 $\pi\beta Y$	5	1,80	4	1	11,80
TmortoDeterm_4 $\pi\beta Y$	5	1,40	4	5	15,40
DisCnl βY Ajus_4 $\pi\beta Y$	5	1,40	4	5	15,40

RetarResDet_4πβY	5	1,40	4	5	15,40
FundMetrol_4πβY	5	1,40	5	1	12,40
Eletron_4πβY	5	1,00	5	1	12,00
Radioprot_4πβY	5	1,00	4	1	11,00
ConstrLab_EspY	3	1,00	1	1	6,00
SAD_EspY	3	1,67	1	3	8,67
DecRdn_EspY	5	1,00	4	4	14,00
DetEspecif_EspY	5	2,50	4	2	13,50
EspEletr_EspY	4	1,00	2	2	9,00
ModTeórico_EspY	5	1,00	4	3	13,00
RepMatParam_EspY	5	1,00	4	4	14,00
AjusEletParam_EspY	5	1,00	4	3	13,00
BlindProj_EspY	3	2,00	2	2	9,00
DefSAD_EspY	3	1,00	3	3	10,00
TestDesDef_EspY	5	1,00	2	2	10,00
CritInstAux_EspY	3	4,00	1	2	8,00
CritResultDef_EspY	5	4,00	5	4	18,00
Radioq_EspY	3	4,00	4	2	13,00
InstrNucl_EspY	5	3,20	4	3	15,20
MaestroOper_EspY	3	1,40	3	2	9,40
CalEfEnDet_EspY	5	2,07	3	3	13,07
ProcCalExec_EspY	5	1,67	3	3	12,67
AvalDesemp_EspY	5	1,67	3	2	11,67
InctzDet_EspY	5	1,67	3	2	11,67
CaractFteDef_EspY	4	4,00	4	3	15,00
FundMetrol_EspY	5	1,00	4	2	12,00
Eletron_EspY	3	1,00	2	2	8,00
RadiopMan_EspY	4	1,00	4	2	11,00
ConstLab_Ftes	3	2,00	2	1	8,00
BalançaEspec_Ftes	4	2,00	3	1	10,00
CaractFteDef_Ftes	5	1,00	5	1	12,00
SolMãe_Ftes	3	1,00	4	1	9,00
Aliquota_Ftes	3	1,00	3	1	8,00
OrgMat_Ftes	3	1,00	2	1	7,00
CondAmb_Ftes	3	1,00	2	1	7,00
PesagHabil_Ftes	5	3,27	4	2	14,27
SolRadMan_Ftes	5	3,00	4	1	13,00
InctzComp_Ftes	3	1,00	3	1	8,00
Embalagem_Ftes	3	1,00	3	1	8,00
Incert_Ftes	5	1,00	4	2	12,00
EletrodVYns_Ftes	5	3,27	4	1	13,27

FundMetrol_Ftes	4	1,00	4	1	10,00
RadiopManus_Ftes	5	1,00	4	1	11,00
CaracGerR_Rt	5	3,00	4	2	14,00
CondCalLab_Rt	4	2,34	2	2	10,34
CalibInsAux_Rt	5	2,34	2	2	11,34
ArranjoEspecif_Rt	4	3,00	3	2	12,00
CaracFxeInteraç_Rt	5	3,00	5	2	15,00
InctzComp_Rt	5	1,00	5	3	14,00
DocNormComis_Rt	5	2,87	3	2	12,87
CaractCI padrão_Rt	5	2,34	4	2	13,34
Constr_Rt	4	1,00	2	2	9,00
SAD_Rt	3	3,00	2	2	10,00
TiposCI_Rt	5	2,34	3	2	12,34
AvalDesemp_Rt	5	2,34	3	2	12,34
EProcCalib_Rt	5	3,00	5	2	15,00
CritResultDef_Rt	5	3,00	4	2	14,00
FugaCorrente_Rt	5	1,67	2	2	10,67
EstabilizSist_Rt	4	1,80	3	2	10,80
VerifPreOp_Rt	4	1,00	2	1	8,00
OpSistCal_Rt	3	1,66	3	1	8,66
Interfaces_Rt	3	3,00	2	1	9,00
PosiciCI_Rt	5	2,20	3	1	11,20
LabView_Rt	3	3,00	2	2	10,00
Autolab_Rt	3	3,00	2	1	9,00
CritResultAplic_Rt	5	2,00	4	1	12,00
FundMetrol_Rt	4	1,00	5	1	11,00
RadiopManus_Rt	4	1,00	4	1	10,00
ParamIrdY_Rp	5	3,00	4	1	13,00
CodAmbEle_Rp	4	2,33	2	1	9,33
CritInsAux_rp	4	2,33	2	1	9,33
Arranjo_Rp	4	3,00	3	1	11,00
CaracCampInter_Rp	5	3,00	5	1	14,00
InctzComp_Rp	5	1,00	5	3	14,00
DNormComiss_Rp	5	2,87	5	1	13,87
DefClpd_Rp	5	3,67	4	2	14,67
ConstruLab_Rp	4	2,33	1	1	8,33
DefSAD_Rp	3	3,00	3	1	10,00
CapacCalTipoCI_Rp	5	2,33	4	2	13,33
Pré-AvalCI_Rp	5	3,00	1	3	12,00
TestesDesemp_Rp	5	2,33	4	2	13,33
ProcCalibDef_Rp	5	3,00	5	2	15,00

CritResultDef_Rp	5	3,00	5	2	15,00
FugaCorrente_Rp	5	1,67	3	1	10,67
EquilTerElet_Rp	4	1,00	3	1	9,00
VerifPreOp_Rp	3	1,00	2	1	7,00
EquipOpMan_Rp	5	1,67	3	1	10,67
SistMedConex_Rp	4	1,67	3	1	9,67
ArranjoReprod_Rp	5	1,00	3	1	10,00
LabView_Rt	3	1,00	3	1	8,00
Autolab_Rp	3	1,00	3	1	8,00
CritResultAplic_Rp	5	2,00	3	2	12,00
FundMetrol_Rp	4	1,00	5	1	11,00
RadiopManus_Rp	4	1,00	5	1	11,00
CarcactFtes_Fn	5	1,00	4	1	11,00
Grandezas_Fn	3	1,00	4	1	9,00
ConstruLab_Fn	4	1,00	4	2	11,00
DefSADPAD_Fn	5	3,00	5	2	15,00
ProcPadExec_Fn	5	2,80	5	5	17,80
InctzComp_Fn	5	1,60	5	5	16,60
EspectDeconv_Fn	3	1,00	4	3	11,00
Eletron_Fn	5	1,00	2	1	9,00
CritAcetPadrão_Fn	5	3,20	5	4	17,20
Anisotropia_Fn	3	2,60	3	3	11,60
ProcCalibDef_Fn	5	4,00	5	4	18,00
SensibOpMon_Fn	3	1,00	3	1	8,00
Autolab_Fn	2	1,00	1	1	5,00
ProcPré_Fn	5	3,00	5	3	16,00
CritResultDef_Fn	5	1,60	5	3	14,60
PesagHabil_Ftes	4	1,00	3	1	9,00
SolRaditManus_Fn	3	1,00	2	1	7,00
EqTransp_Fn	5	1,00	3	1	10,00
DecaimRdn_Fn	5	1,00	3	1	10,00
DetGamaEspec_Fn	4	1,00	3	1	9,00
EspecModEletr_Fn	4	1,00	2	1	8,00
AjusteModEletr_Fn	4	1,00	1	1	7,00
FundMetrol_Fn	5	1,00	3	1	10,00
RadiopManus_Fn	5	1,00	3	1	10,00
ModTeór_Fn	5	1,40	5	3	14,40
MCarloGeral_Fn	5	1,40	3	2	11,40
MCarloAvanç_Fn	5	1,80	5	3	14,80
RepMat_Fn	5	1,40	5	3	14,40
LimMnS04Def_Fn	5	1,40	5	3	14,40

EstXCirc_Fn	5	1,40	5	3	14,4
Rastreab_Fn	5	3,4	5	5	18,4
Média					12,4
Mediana					12,0
Devio padrão (σ)					3,2
Média -1 σ					9,2

APÊNDICE G - Detalhamento das Atividades para identificação das esferas de influência de conhecimentos

1. Identificação das esferas de influência dos conhecimentos

A identificação das esferas de influência foi realizada segundo as etapas a seguir, em que são apresentadas as principais operações realizadas no *software* ORA:

1.1 Inserção dos dados no ORA – Criação de redes

A FIG.17 ilustra a tela do ORA para a criação das redes de interesse.

Na barra superior, acesse a opção *Generate Networks/ Create New Meta Network*.

FIGURA 17 - Janela inicial do ORA - Criação de redes

Na janela *Create New Meta Network*, i) atribua um nome à rede (*step 1*); ii) crie as classes de nós de interesse, informando os tipos de classes, os nomes adotados e o número de nós de cada classe (*step 2*) e iii) correlacione duas à duas, as classes de nós que definem as redes de interesse (*step 3*), conforme FIG.18.

FIGURA 18 - Janela do ORA para inserção dos dados de rede

Para essa pesquisa foram criadas três classes de nós: pessoas; processos e conhecimentos que originaram a rede direcionada e valorada

“pessoas que possuem tal conhecimento em tal grau”, que contém cento e sessenta conhecimentos 30 pessoas e oito processos, identificada a partir deste ponto como rede LNMRI. Os dados relacionados a cada um dos conhecimentos considerados mais relevantes foram analisados visando à obtenção das esferas de influência, conforme descrito na seção a seguir:

1.2 Visualização das esferas de influência no ORA - função “operação”

A avaliação dos conhecimentos relativamente à função “operação” considerou como ponto de partida a rede LNMRI e apenas as pessoas que possuem conhecimentos nos graus (ligações) menores do que 5 (cinco), já que esse é o grau requerido para o desempenho da função de supervisor. Assim sendo, inicialmente, foram removidos os *links* maiores do que 4 (quatro) da sub-rede pes x con.

Na janela inicial do ORA, selecione a rede de origem, rede LNMRI, através dos comandos: *File / Open Meta-Network*, como é ilustrado na FIG.19.

FIGURA 19 - Janela inicial do ORA - seleção da rede de origem

Para a remoção dos *links* com grau maior do que 4 (quatro), selecione a sub-rede pes x con, aba editor/, *Remove Links/ Remove Links by value*, como é apresentado na FIG.20.

FIGURA 20 - Janela para a remoção de *Links*

No campo *Remove Links*, selecione a opção *Greater than*. Insira o valor 4 (quatro), no campo *value* e clique no botão *Remove Links*, conforme é ilustrado na FIG.21.

FIGURA 21 - Janela para a seleção dos *links* a serem removidos

Para visualizar a estrutura da nova rede, clique em *Visualize*, como na FIG.22.

FIGURA 22 - Janela do ORA para a visualização da rede

Nessa rede, nomeada a partir daqui como LNMRI_op, estão representadas apenas as pessoas que possuem algum conhecimento incorporado a qualquer um dos processos, com grau inferior a 5 (cinco).

A partir da rede LNMRI_op, foi realizada a mesma sequência de operações apresentada anteriormente (FIG.17 a 22), para cada conhecimento objeto de análise, visando à remoção dos links menores do que o grau requerido para o desempenho da função de operador, do processo correspondente.

Para apresentação da metodologia, foi adotado como exemplo o conhecimento “EspecDeconv_Mn”, cujo grau mínimo necessário para a função de operador é 2 (dois). Assim sendo, foi feita uma partição na rede LNMRI_op, em que foram removidos os links menores do que 2 (dois), por meio das seguintes operações no ORA, como ilustrado nas FIG. 23 e 24.

i) na tela inicial do ORA, abra a rede LNMRI_op - *File/ Open Meta Network*, selecione a sub-rede pes x con e clique na aba Editor/ *Remove Links/ Remove Links by value*.

FIGURA 23 - Janela para a remoção de links

ii) no campo *Remove Links* selecione a opção *Less than* e no campo *value*, selecione o valor 2 (dois). Em seguida, clique no botão *Remove Links*, conforme ilustrado na FIG.24.

FIGURA 24- Janela do ORA para a seleção dos *links* a serem removidos

Para visualizar a estrutura da nova rede, clique em *Visualize*, como apresentado anteriormente na FIG.22.

A rede obtida representa todas as pessoas que têm qualquer um dos conhecimentos de todos os processos considerados com grau 2 (dois).

iii) para obter a rede de pessoas que possuem o conhecimento EspecDeconv_Mn, com grau 2, na aba superior da tela clique na opção *Tools* e selecione a opção *Sphere of influence*, conforme ilustrado na FIG.25.

FIGURA 25 - Janela do ORA para a obtenção das esferas de influência

Uma vez seleccionada a opção *Sphere of influence*, o ORA disponibiliza a janela correspondente à FIG.26, para a seleção do tipo de nó e do nó de interesse, que no caso dessa análise, são os conhecimentos mais relevantes, aqueles cuja perda potencial é maior e mais iminente.

FIGURA 26 - Janela do ORA para a seleção do nó conhecimento

Na FIG.27 representa-se a esfera de influência do conhecimento EspecDeconv_Mn - a rede formada pelas pessoas que possuem esse conhecimento com o grau maior ou igual a 2 que é o grau requerido para a função de operador do processo correspondente, excetuados as pessoas cujo grau é 5 (cinco).

FIGURA 27 - Ego-Network do conhecimento EspecDeconv_Mn - operação

1.3 Visualização das esferas de influência no ORA - função “supervisão”

Para a visualização das esferas de influência relativamente à função “supervisão”, foram feitas partições na rede LNMRI, como descrito na seção anterior, sendo que foram consideradas apenas as pessoas que possuem conhecimentos nos graus (ligações) iguais a 5 (cinco), já que esse é o grau requerido para o desempenho da função de supervisor. Assim sendo, foram removidos todos os links menores do que 5 (cinco), segundo as seguintes etapas, representadas nas FIG. 19 - 22: i) na tela inicial do ORA, abra a rede LNMRI - *File/ Open Meta Network*; ii) selecione a sub-rede pes x con; iii) clique na aba *Editor/ Remove Links/ Remove Links by value*. Selecione *Less than 5*.

A rede obtida, nomeada a partir daqui como LNMRI_sup, estão representadas apenas as pessoas que têm algum conhecimento incorporado a qualquer um dos processos, com grau igual a 5 (cinco).

Para obter a rede de pessoas que possuem o conhecimento EspecDeconv_Mn, com grau 5, a partir da rede LNMRI_sup, na aba superior da tela, clique na opção *Tools* e selecione a opção *Sphere of influence*, conforme ilustrado na FIG. 25. Uma vez selecionada a opção *Sphere of influence*, o ORA disponibiliza a janela correspondente à FIG. 27, para a seleção do tipo de nó e do nó de interesse, que no caso dessa análise, são os conhecimentos mais relevantes, aqueles cuja perda potencial é maior e mais iminente.

A FIG. 28 representa a esfera de influência do conhecimento EspecDeconv_Mn, ou seja, a rede formada pelas pessoas que possuem esse conhecimento com o grau igual a 5, grau requerido para a função supervisão do processo correspondente.

FIGURA 28 - Ego-Network do conhecimento EspecDeconv_Mn – supervisão

APÊNDICE H - Detalhamento das atividades para a análise de vulnerabilidades - Partições

1 Seleção dos conhecimentos relativos ao processo de interesse

A primeira partição na rede tem como propósito selecionar os conhecimentos correspondentes ao processo a ser analisado. Para tal, foram realizadas as operações a seguir, ilustradas nas FIG. de 29 - 33.

i) na tela inicial do ORA clique na opção *File/ Open Meta Network* e selecione a rede LNMRI, como ilustrado na Figura 19. Selecione o tipo de nó “conhecimento”, como é apresentado na FIG.29.

FIGURA 29 - Janela do ORA para a seleção do tipo de nó

ii) clique na aba *Editor* para exibir a lista de todos os conhecimentos da rede, como na FIG.30.

FIGURA 30 - Janela do ORA para a seleção de todos os nós

iii) Remova a marcação dos conhecimentos correspondentes ao processo de interesse – clique sobre cada um, como na FIG.31.

FIGURA 31 - Janela do ORA - seleção dos conhecimentos de interesse

iv) exclua os conhecimentos que não se referem ao processo considerado -
 Selecione a aba *Nodes*/ clique em *Delete selected nodes*, como na FIG.32.

FIGURA 32 - Janela do ORA – remoção de conhecimentos da rede

Como resultado dessas operações, foi obtida a rede LNMRI_PrFtes, formada pelas 29 pessoas que possuem pelo menos um, entre os 8 conhecimentos mais relevantes do processo de produção de fontes, em algum grau.

A partir dessa rede outra partição foi efetuada, com o propósito de identificar as pessoas com o maior número de conhecimentos e em maior grau.

2 Seleção das pessoas mais proficientes

Para a seleção das pessoas com um maior grau de proficiência em relação aos conhecimentos do processo PrFtes, foi efetuada uma partição inicial da rede LNMRI_PrFtes, em que foram removidos todos os links menores do que 4 (quatro), segundo as seguintes etapas,

i) na tela inicial do ORA, abra a rede LNMRI_PrFtes - *File/ Open Meta Network*, selecione a sub-rede pes x con e clique na aba Editor/ *Remove Links/ Remove Links by value*, como na FIG.33.

FIGURA 33 - Janela do ORA para a remoção de links

ii) no campo *Remove Links* selecione a opção *Less than* e no campo *value*, selecione o valor 4 (quatro). Em seguida, clique no botão *Remove Links*, conforme ilustrado na FIG. 34.

FIGURA 34 - Janela do ORA para a seleção dos links a serem removidos

Para visualizar a nova rede, que é apresentada na FIG.35, clique na aba *Info* e no botão *Visualize Only this network*.

FIGURA 35 - Rede LNMRI_PrFtes_M4

Na figura acima é representada a rede formada por todas as pessoas que possuem qualquer um dos conhecimentos do processo Pr_Ftes com grau quatro ou cinco que, a princípio, são as mais proficientes.

A partir deste ponto foram inseridos no ORA, os valores dos atributos centralidades de linha, Dedicção e Disponibilidade, como a seguir:

a) Cálculo do atributo de centralidade de linha

Os valores das centralidades de linha de cada nó (pessoa) foram calculados com o propósito identificar aqueles com o maior número de *links* (conhecimentos) e em maior grau.

Na janela representada pela FIG.36, na aba *Editor*, clique em *Attributes/Create New Attribute Measure*

FIGURA 36 - Janela do ORA para a criação de atributos

Selecione o tipo de nó que corresponde ao atributo considerado e no quadro *Create New Attribute Measure*, selecione a rede considerada e o nome do atributo a ser criado, como indicado na FIG.37.

FIGURA 37 - Janela do ORA para o cálculo da centralidade de linha

Uma vez calculados os valores de centralidade de linha, exclua aqueles menores do que 0.8 (80% do valor máximo), como na FIG. 38.

Centralidade de linha ≥ 0.8

Node Name	Node Title	Centrality, R...
pes_5	A05	0,2
pes_6	A06	0
pes_7	A07	0,925
pes_8	A08	0,55
pes_9	A09	0,1
pes_10	A10	0
pes_11	A11	0,975
pes_12	A12	0,225
pes_13	A13	0,675
pes_14	A14	0
pes_15	A15	0,95
pes_16	A16	0

FIGURA 38 - Janela do ORA com os atributos dos nós – centralidade de linha

Na FIG. 39 a seguir, representa a rede formada pelas três pessoas que possuem o maior grau de proficiência, em relação aos conhecimentos do processo Pr_Ftes em que $A11 \geq A15 \geq A07$.

FIGURA 39- Rede de grau de proficiência (LNMRI_Pr_Ftes_M4_0.8)

b) Criação de novos atributos - Dedicção e Disponibilidade

A partir da rede LNMRI_Pr_Ftes_M4_0.8, selecione o tipo de nó, pessoas/ clique em Editor/ Attributes/ Create new attribute, como na FIG.40.

FIGURA 40 - Janela do ORA para criar novos atributos

No quadro “*Create Attributes*” que é disponibilizado, insira o nome do atributo (Dedicção) e o tipo de atributo como na FIG. 41. Selecione *Number Category*, uma vez que, foram adotados três valores (0,1,2); como foi abordado na subseção 3.6.2.

FIGURA 41 - Janela do ORA para a criação de novos atributos

O ORA apresenta uma janela na qual devem ser inseridos os valores de Dedicação, correspondentes a cada nó (pessoas), como na FIG. 42. No caso desse exemplo, todas as pessoas trabalham em regime integral; Dedicação = 2.

FIGURA 42 - Janela do ORA para inserção dos valores de novos atributos

A mesma sequência de operações apresentadas na seção anterior deve ser seguida, para o atributo “Disponibilidade”.

Uma vez inseridos os atributos, os itens a seguir descrevem as partições que foram realizadas na rede e que refletem os cenários estudados.

3. Seleção das pessoas quanto a Dedicação

Partindo da rede LNMRI_Pr_Ftes_M4_0.8, na aba superior, selecione a opção *Data Management/ Attribute Value Tool*, como na FIG.43 a seguir.

FIGURA 43 - Janela do ORA para seleção do critério de partição da rede

Selecione a rede de interesse e clique em *next*.

Na nova janela apresentada na FIG.44, selecione o conjunto de nós (pessoas) e a operação *Partition*. Indique o atributo e o valor dos *links* da nova rede.

FIGURA 44 - Janela do ORA para partição da rede.

Neste caso, como as três pessoas trabalham em regime integral, todos os links são iguais a 2 (dois) e a rede não se modifica.

4. Seleção das pessoas quanto a Disponibilidade

O mesmo procedimento, descrito na seção anterior, foi aplicado para a partição da rede considerando a disponibilidade.

APÊNDICE J - Dados de aposentadoria

TABELA 12 - Previsão de aposentadoria de potenciais substitutos

Conhecimento	Atores (operação)	Ano	Valor da ligação	Atores (supervisão)	Ano
ImplQual_X	A20	2028	4	A22	2016
	A28	2017	4	A26	2038
	A17	2016	4		
	A12	2015	3		
	A30	2020	3		
	A18	2030	2		
	A19	2024	2		
ProcCalibDef_X	A26	2038	4	A22	2016
	A28	2017	4	A20	2028
	A17	2016	4		
HomgDist_X	A28	2017	4	A22	2016
	A17	2016	4	A26	2038
	A29	2025	3	A20	2028
	A30	2020	3		
	A12	2015	3		
	A18	2030	3		
	A01	2020	2		
	A19	2024	2		
InstAuxilDef_ $4\pi\beta Y$	A21	2019	2		
	A28	2017	4	A03	2015
	A05	2026	4	A12	2015
	A07	2016	4		
	A11	2020	4		
	A17	2016	4		
	A22	2016	4		
	A02	2047	3		
	A04	2020	3		
	A18	2030	3		
	A30	2020	3		
	A08	2020	3		
	A19	2024	3		
SinalPpalOtim_ $4\pi\beta Y$	A04	2020	4	A03	2015
	A05	2026	4	A12	2015
	A08	2020	4		
	A17	2016	4		
EspecDeconv_ Mn	A22	2016	3	A17	2016
	A20	2028	2	A18	2030
	A30	2020	2	A19	2024

Rastreab_Fn	A17	2016	4	A19	2024
	A18	2030	3		
ReprMatParam_4 $\pi\beta Y$	A05	2026	4	A03	2015
	A07	2016	4	A12	2015
	A17	2016	4		
	A01	2020	3		
	A02	2047	3		
	A11	2020	3		
	A19	2024	2		
	A22	2016	2		
	A14	2019	2		
	A18	2030	2		
DecaimRn_4 $\pi\beta Y$	A08	2020	4	A03	2015
	A11	2020	4	A04	2020
	A02	2047	4	A07	2016
	A05	2026	4	A12	2015
	A14	2019	4		
	A18	2030	4		
	A22	2016	3		
	A17	2016	3		
	A19	2024	3		
	A10	2020	3		
DetPropEspec_4 $\pi\beta Y$	A04	2020	4	A03	2015
	A12	2015	4		
	A17	2016	4		
	A07	2016	3		
	A11	2020	3		
	A18	2030	3		
	A19	2024	3		
	A22	2016	3		
	A30	2020	3		
InterfSinPpal_4 $\pi\beta Y$	A08	2020	4	A03	2015
	A17	2016	4	A04	2020
	A05	2026	4	A07	2016
	A07	2016	4		
	A19	2024	3		
TestesDesDef_4 $\pi\beta Y$				A03	2015
	A12	2015	4	A04	2020

CritResultDef_ $4\pi\beta Y$	A07	2016	4	A03	2015
	A11	2020	4	A04	2020
	A12	2015	4		
	A22	2016	4		
	A05	2026	3		
	A08	2020	3		
	A17	2016	3		
CritResultDef_ EspY	A05	2026	4	A03	2015
	A11	2020	4	A04	2020
	A12	2015	4	A08	2020
	A14	2019	4		
	A17	2016	4		
	A22	2016	4		
ProcCalibDef_ Fn	A17	2016	4	A19	2024
	A18	2030	4		
	A22	2016	4		

ANEXO A - FLUXOGRAMA DO PROCESSO CAMn

ANEXO B - FLUXOGRAMA DO PROCESSO EspY

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AIMAN-SMITH, L., BERGEY, P., CANTWELL, A. AND DORAN, M. The coming knowledge and capability shortage. *Research Technology Management*, v. 49, n. 4, p. 15-23, 2006.

AMIT, R.; SCHOEMAKER, P.J. Strategic assets an organizational rent. *Strategic Management Journal*, n.14, p. 33-46, 1993.

ASHWORTH, M. J. Identifying key contributors to performance in organizations: The case for knowledge-based measures. In: NORTH AMERICAN ASSOCIATION FOR COMPUTATIONAL SOCIAL AND ORGANIZATIONAL SCIENCE CONFERENCE, June 22-25, 2003, Pittsburgh (PA), USA. *Proceedings...* Pittsburgh, 2003.

ASHWORTH, M.J. Preserving knowledge legacies: workforce aging, turnover and human resource issues in the US electric power industry. *The International Journal of Human Resource Management*, v.17, n.9, p.1659- 1688, 2006.

BARJAK, F. & THELWALL, M. A statistical analysis of the web presences of european life sciences research team. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, v.59, n.4, p.628-643, 2008.

BALANCIERI, R.; BOVO, A. B.; KERN, V. M.; PACHECO, R.C.; BARCIA, R.M. A análise de redes de colaboração científica sob novas tecnologias de informação e comunicação: um estudo na Plataforma Lattes. *Ciência da Informação*, v. 34, n. 1, p. 67-77, 2005.

BARROSO, A.C.O., REIS-JUNIOR, J.S. B., MONTEIRO, C. A., SEARY A. Preservation of knowledge through networking with retirees. In: INTERNATIONAL NUCLEAR ATLANTIC CONFERENCE, September 27 - October 2, Rio de Janeiro, Brasil. *Proceedings...* Rio de Janeiro, 2009.

BOYLES, J.E.; KIRSCHNICK, F.; YANEV,Y.;KOSILOV A. Risk Management of Knowledge Loss in Nuclear Industry Organisations. *International Journal of Nuclear Knowledge Management*, v.3, n. 2, 2009.

BURGE, J. E. Knowledge *Elicitation for design task sequencing knowledge*. Tese (Doutorado) - Worcester Polytechnic Institute, 1998. Disponível em: < <http://web.cs.wpi.edu/~jburge/thesis/kematrix.html>>. Acesso em 5 jun. 2014.

CLAUSET, A.; SHALIZI, C. R.; NEWMAN, M. E. J. Power-law distributions in empirical data. *SIAM Review*, v.51, p.661-703, 2009. Disponível em: <<http://arxiv.org/abs/0706.1062v2>>. Acesso em: 02 dez. 2015.

CARLEY, K. Dynamic network analysis .In: BREIGER. R.; CARLEY, K.; PATTISON, P. Dynamic Social network Modeling and Analysis: Workshop Summary and Papers.1.ed. Washington, DC: The National Academy of Sciences, p.133-145,2003. Disponível em:

<http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=10735&page=133>. Acesso em 8 out. 2014.

CARLEY, K.M.; LEE, J-S.; KRACKHARDT, D. **Destabilizing Networks. Connections**, v.24, n.3, p. 79-92, 2002.

Disponível em:

www.casos.cs.cmu.edu/education/phd/.../Carley_Destabilizing_2001.pdf Acesso em: 9 out. 2014.

CARLEY, K. M. & KAMNEVA, N. A **Network Optimization Approach for Improving Organizational Design**. Pittsburgh, Carnegie Mellon University, CMU-ISRI-04-102, 2004.

Disponível em:

<<http://repository.cmu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1855&context=ISR>>. Acesso em 9 out. 2014.

CARLEY, K. M.; PFEFFER, J.; REMINGA, J.; STORRICK J. & COLUMBUS, D. **ORA User's Guide**, Carnegie Mellon University, School of Computer Science, Institute for Software Research, Technical Report, CMU-ISR-12-105, 2012.

Disponível em:

< <http://www.casos.cs.cmu.edu/publications/papers/CMU-ISR-13-108.pdf> >.

Acesso em: 10 jul.2015.

CHAN, K. & LIEBOWITZ, J. The Synergy of Social Network Analysis and Knowledge Mapping: a case study. **International Journal of Management and Decision Making**, v.7, n.1, p. 19 – 35, 2006

COFEY, J.W.; HOFFMAN, R.R. Knowledge Modeling for Preservation of Institutional Memory. **Journal of Knowledge Management**, v.7, n.3, p. 38-49, 2003. Disponível em:

<http://www.emeraldinsight.com/journals.htm?articleid=883813&show=html>.

Acesso em: 30 ago. 2012.

COLLINS, D J. & MONTGOMERY, C. A. Competing on Resources: Strategy on 1990's. **Harvard Business Review**, n. 73, p. 118-128, 1995.

CROSS, R.; ANDREW, P.; PRUSAK, L.; BORGATTI, S.; Knowing what we know: supporting knowledge creation and sharing in social networks. **Organizational Dynamics**, v. 30, n. 2, p. 100–120, 2001

CROSS, R.; GRAY P.; CUNNINGHAM, S.; SHOWERS, M.; THOMAS R. The Collaborative Organization: How to Make Employee Networks Really Work. **MIT Sloan Management Review**, 2010 Disponível em:

<http://sloanreview.mit.edu/article/the-collaborative-organization-how-to-make-employee-networks-really-work/> Acesso em 5 ago. /2015

COMITÊ BRASILEIRO DE METROLOGIA (CBM). **Diretrizes estratégicas para a Metrologia Brasileira 2008 – 2012** Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial – CONMETRO, 2008.

DALKIR, K. **Knowledge Management in Theory and Practice**. Burlington: Elsevier Butterworth–Heinemann, 2005.

DAVENPORT, T. H., PRUSAK, L. **Conhecimento Empresarial: Como as Organizações Gerenciam seu Capital Intelectual**. Rio de Janeiro: Campus, 15. ed. 1998.

DE LONG, D. W.; DAVEMPORT T. Better practices for retaining organizational knowledge: Lessons from the leading edge. **Employment Relations Today**, v. 30, n. 3, p. 51-63, 2003.

DE HOLAN, P.M., PHILLIPS, N. Remembrance of things past? The dynamics of organizational forgetting. **Management Science**, v. 50, n. 11, p. 1603 – 1623, 2004.

DE NOOY, W.; MRVAR, A.; BATAGELJ, W. **Exploratory network analysis with Pajek**. New York, N. Y.: Cambridge University Press, 2005.

DRUCKER, P. **Sociedade pós-capitalista**. 2. ed. São Paulo, Pioneira, 1994.

DURST S. & WILHELM S. Do you know your knowledge at risk? **Measuring Business Excellence**, v. 17, n. 3, p. 28-39, 2013.

EASLEY, D. & KLEINBERG, J. **Networks, crowds, and markets: Reasoning about a highly connected world**, Cambrige University Press, 2010

ECONOMIST INTELLIGENCE UNIT. **Foresight 2020 - economic, industry and corporate trends**. Report sponsored by Cisco Systems. The Economist, March 2006. Disponível em: http://graphics.eiu.com/files/ad_pdfs/eiuForesight2020_WP.pdf. Acesso em 30 set. 2013.

GANDHI S. Knowledge Management & Reference Services. **The Journal of Academic Librarianship**. v.30, p. 45-53, 2004.

GRANT, R.M. The resourced based theory and competitive advantage: Implications for Strategy Simulation. **California Management Review**, v.33, n. 3, p.119-135, 1991.

HANNEMAN, R. A.; RIDDLE, M. **Introduction to social network methods**. Riverside, CA: University of California, Riverside, 2005. Disponível emt <http://faculty.ucr.edu/~hanneman/>), 2005. Acesso em 02 mar.2015.

HUANG, J. J. The evolutionary perspective of knowledge creation- A mathematical representation. **Knowledge-based systems**, v.22, p. 430-438, 2009.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (IAEA) Risk Management of Knowledge Loss in Nuclear Industry Organizations”, **STI/PUB/1248**, 2006.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (IAEA) Comparative analysis of Methods and tools for Nuclear knowledge preservation. IAEA **Nuclear Energy Series** No. NG-T-6.7, 2011.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (IAEA) Knowledge Management for Nuclear Research and Development Organizations, **IAEA-TECDOC – 1675**, 2012.

JENNEX, M.E. A proposed method for assessing knowledge loss risk with departing personnel, **The journal of information and knowledge management systems**, v. 44, n. 2, 2014.

JENNEX, M.E.; DURCIKOVA, A. Assessing knowledge loss risk, In: HAWAII INTERNATIONAL CONFERENCE ON SYSTEM SCIENCES; 46th, January 1-7, 2013, Maui. **Proceedings**...Maui: IEEE Computer Society, 2013. p.3478-3487.

JIANG, B., BAKER, R.C. AND FRAZIER, G.V. An analysis of job dissatisfaction and turnover to reduce global supply chain risk: evidence from China, **Journal of Operations Management**, v. 27, n. 2, p. 169-184, 2009.

KIM, S.; HONG, J.; SUH, E. A. A diagnosis framework for identifying the current knowledge sharing activity status in a community of practice. **Expert systems with applications**, v. 39, n.18, 13093-13107, 2012.

KIM, Y.; YANG, S.; HAU Y.; SEO, J. Identifying organizational knowledge paths through social network lens: synthesis of multi-Industry case studies. In: HAWAII INTERNATIONAL CONFERENCE ON SYSTEM SCIENCES, 42th, January 5-8, 2009, Waikoloa. **Proceedings**... Waikoloa, IEEE Computer Society, 2009.

LEE, J. The impact of knowledge sharing, organizational capability and partnership quality on IS outsourcing success. **Information and Management**; v. 38, p. 323-335, 2001.

LEE, S. K.; GIBSON, D. V. Toward Knowledge-based economy in Korea: metrics and policy. **Int. J. Technology, Policy and Management**, v. 32, n. 3, p. 301-313, 2002

LEVY, M. knowledge retention: minimizing organizational business loss. **Journal of Knowledge Management**, v.15, n.4, p. 582-600, 2011.

LIEW, A. Understanding data, information, knowledge and their inter-relationship. **Journal of Knowledge Management Practice**, v.8, n.2, 2007.

MANSO, U. A. Contra os concurseiros que pulam de lugar toda hora. **Revista Você RH** dez. 2012. Disponível em: < <http://exame.abril.com.br/revista-voce-rh/edicoes/24/noticias/contra-os-concurseiros> > Acesso em: 02 dez. 2015.

MARTINS E. C. & MEYER H.W.J. Organizational and behavioral factors that influence knowledge retention. **Journal of Knowledge Management**, v. 16 n. 1, p. 77-96, 2012.

MASSINGHAM P. Measuring the impact of knowledge loss: More than a ripples on a pond? **Management Learning**, v. 39, n. 5, p. 541 – 560, 2008.

MCCULLOH, I.AND. CARLEY, K. Detecting Change in Human Social Behavior Simulation CMU-ISR-08-135 Institute for Software Research School of Computer Science Carnegie Mellon University Pittsburgh, 2008.

MELO, L. No Brasil, rotatividade de pessoal cresceu 82%. **Revista Exame** out. 2013. Disponível em: < <http://exame.abril.com.br/negocios/noticias/no-brasil-turnover-cresce-o-dobro-da-media-mundial>> Acesso em: 02 dez. 2015.

MONTEIRO, C. A. & BARROSO, A.C.O. How Knowledge and Technology are Created in a Research Institute. In: INTERNATIONAL NUCLEAR ATLANTIC CONFERENCE, October 24-28, Belo Horizonte, MG. **Proceedings**...Belo Horizonte, 2011.

MULLER-PROTHMANN, T. Social network analysis: a practical method to improve knowledge sharing. In: KAZI, A. S.; WOHLFAT, L.; WOLF, P. **Hands-on knowledge co-creation and sharing: practical methods and techniques**. Stuttgart: 2007. Cap. 13, p. 219-234.
Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1467609>>. Acesso em 12 set. 2015.

NONAKA, I; TAKEUSHI, H. Criação do conhecimento na empresa: como as empresas japonesas geram a dinâmica da inovação, Rio de Janeiro: Editora Campus, 1997.

PARISE, S.; CROSS R. AND. DAVENPORT T. H. Strategies for preventing a knowledge loss crisis. **MIT Sloan Management Review**, n.47 v. 4 2006. Disponível em:
<<http://sloanreview.mit.edu/article/strategies-for-preventing-a-knowledgeloss-crisis/>>. Acesso em: 18 jun. 2015.

PARISE, CROSS R. AND. DAVENPORT T. H. It's not what but who you know: how organizational network analysis can help address knowledge loss crises
Disponível em: <http://www.robcross.org/pdf/roundtable/lost_knowledge.pdf>
Acesso em 15 out. 2015.

PASSERINI, K. Knowledge driven development indicators: still an eclectic panorama. **Journal of Knowledge Management**, v.11, n.5, p.115-128, 2007.

RICCIARDI R.I., BARROSO A.C.O. & J.L. ERMINE Knowledge Evaluation for Knowledge Management Implementation: a Case Study of the Radiopharmaceutical Center of IPEN. **Int. J. Nuclear Knowledge Management**. v.2, n.1, p. 64-75, 2006.

ROTH, J. Enabling knowledgw creation: learning from an R&D organization **Journal of Knowledge Management**, v.7, n.1, p. 32- 48, 2003

SCOTT, J. ***Social Network Analysis a Handbook***. 2. ed., London, Sage Publications, 2000.

SCHMITT A., BORZILLO S. & PROBST G. Don't let knowledge walk away: knowledge retention during employee downsizing. ***Management Learning***, v.3, n.1, p.153-74, 2011.

SERENKO, A. Meta-analysis of scientometric research of knowledge management: discovering the identity of the discipline. ***Journal of Knowledge Management***, v.17, n.5, p. 773- 812, 2013.

SERENKO, A.; BONTIS, N. The intelectual core and impact of the knowledge management academic discipline. ***Journal of Knowledge Management***, v.17, n.1, p. 137- 155, 2013

STEWART, T. A. ***Capital Intelectual: A nova vantagem competitiva das empresas***. 14. ed. Rio de Janeiro, Campus Elsevier, 1998.

SVEIBY, K. E. ***A Nova Riqueza das Organizações: Gerenciando e Avaliando Patrimônios do Conhecimento***. Rio de Janeiro, Campus, 1998.

SWART, J.; HARVEY, P. Identifying knowledge boundaries: the case of networked projects. ***Journal of Knowledge Management*** v. 15, n.5, p. 703 - 721, 2011.

TERRA, J. C. C. ***Gestão do Conhecimento: o grande desafio empresarial***. São Paulo: Negocio Editora, 5. ed. 2005.

TSOUKAS, H.; VALDIMIROU, E. What is organizational knowledge? ***Journal of Management Studies***, v. 38, n.7, p. 973-993, 2001.

TUGGLE, F. D.; GOLDFINGER, W. E. A methodology for mining embedded knowledge from process maps ***Human Systems Management***, v. 23, p. 1-13, 2004.

TZORTZAKI, A. M.; MIHIOTIS, A. A review of knowledge management theory and future directions. ***Knowledge and Process Management***, v. 21, n. 1, p. 29-41, 2014.

VAN WINKELEN, C.; MCDERMOTT, R. Facilitating the handover of knowledge. ***Knowledge management review***, v.11, n.2, p. 24-27, 2008.

VILET, J. Lost knowledge - What are you and your organization are doing about it? (2012). Disponível em:
<<http://www.tlnt.com/2012/04/25/lost-knowledge-what-are-you-and-your-organization-doing-about-it/>>. Acesso em 04 Jun 2015.

WASSERMAN, S.; FAUST, K. ***Social Network Analysis: methods and applications***. In: Structural analysis in social the social sciences series. Cambridge: Cambridge University Press, 1999.

WIIG, K. M.; Knowledge management: an introduction and perspective ***The Journal of knowledge management***, v.1, n.1, p. 32- 48, 1997.