



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
CAMPUS DE GUARATINGUETÁ
BIBLIOTECA PROF. "CARLOS ALBERTO DE BUARQUE BORGES"

HUGO JOSÉ RIBEIRO JUNIOR

**INDICADOR MULTIVARIADO POLICÓRICO: PROPOSTA
DE INDICADOR PARA O DIAGNÓSTICO DA
APRENDIZAGEM ORGANIZACIONAL**

Guaratinguetá

2013

HUGO JOSÉ RIBEIRO JUNIOR

**INDICADOR MULTIVARIADO POLICÓRICO: PROPOSTA
DE INDICADOR PARA O DIAGNÓSTICO DA
APRENDIZAGEM ORGANIZACIONAL**

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia
do Campus de Guaratinguetá, Universidade
Estadual Paulista, para a obtenção do título de
Doutor em Engenharia Mecânica na área de
Gestão e Otimização.

Orientador: Prof^ª. Dr^ª. Rosaura de Menezes Selles Ribeiro
Co-orientador: Prof. Dr. Anderson Paulo de Paiva

**Guaratinguetá
2013**

R484i

Ribeiro Junior, Hugo José

Indicador Multivariado Policórico: Proposta de Indicador para o Diagnóstico da Aprendizagem Organizacional / Hugo José Ribeiro Junior - Guaratinguetá : [s.n.], 2013.

158 f. : il.

Bibliografia: f. 122-141

Tese (doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2013.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Rosaura de Menezes Selles Ribeiro

Coorientador: Prof. Dr. Anderson Paulo de Paiva

1. Gestão do conhecimento
2. Aprendizagem organizacional
3. Análise de Componentes Principais I. Título

CDU 65.011.8(043)

HUGO JOSÉ RIBEIRO JUNIOR

ESTA TESE FOI JULGADA ADEQUADA PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE
“DOUTOR EM CIÊNCIAS”

PROGRAMA: ENGENHARIA MECÂNICA
ÁREA: GESTÃO E OTIMIZAÇÃO

APROVADA EM SUA FORMA FINAL PELO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO

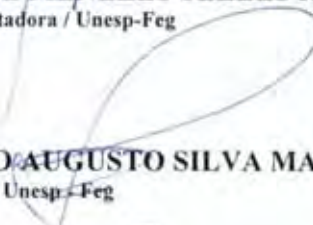


Prof. Dr. José Antonio Perrella Balestieri
Coordenador

BANCA EXAMINADORA:



Prof.ª. Dr.ª. ROSAURA DE MENEZES SELLES RIBEIRO
Orientadora / Unesp-Feg



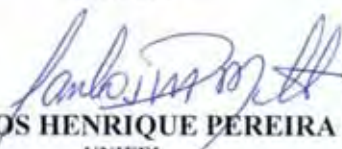
Prof. Dr. FERNANDO AUGUSTO SILVA MARINS
Unesp - Feg



Prof.ª. Dr.ª. MARCELA APARECIDA GUERREIRO
MACHADO DE FREITAS
Unesp - Feg



Prof.ª. Dr.ª. MARLY MONTEIRO DE CARVALHO
USP/POLI



Prof. Dr. CARLOS HENRIQUE PEREIRA MELLO
UNIFEI

Fevereiro de 2013

DADOS CURRICULARES**HUGO JOSÉ RIBEIRO JUNIOR**

Nascimento	11.10.1980 – Itajubá / MG
Filiação	Hugo José Ribeiro Sonia Maria de Brito Ribeiro
2000/2004	Bacharel em Administração de Empresas pela Universidade Federal de Itajubá, UNIFEI, Brasil.
2006/2008	Mestre em Engenharia de Produção (Conceito CAPES 4) pela Universidade Federal de Itajubá, UNIFEI, Brasil. Com o título: Proposta de Programa em Gestão do Conhecimento para Ambiente de Pesquisa e Inovação, sob a orientação da Professora Doutora Rita de Cássia Trindade M. Stano.
2009/2013	Doutorado em andamento em Engenharia Mecânica (Conceito CAPES 5) pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP, Brasil. Com o título: Indicador Multivariado Policórico: Proposta de Indicador para o diagnóstico da Aprendizagem Organizacional, sob a orientação da Prof ^a . Dr ^a . Rosaura de Menezes Selles Ribeiro e Co-orientação do Prof. Dr. Anderson Paulo de Paiva, ingresso em 2009.

DEDICATÓRIA

De modo muito especial dedico esta tese ao meu pai Hugo José Ribeiro, a minha mãe Sonia Maria de Brito Ribeiro e ao Professor Doutor Anderson Paulo de Paiva, que são os principais responsáveis por hoje eu cumprir mais esta importante etapa da minha vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus pais *Hugo* e *Sonia*, pela força paciência e apoio constante, aos meus irmãos *Lindsay* e *Rodrigo*, e aos meus amigos *Clauber*, *Daniel* e *Thiago* por sempre estarem comigo apoiando-me incondicionalmente durante toda a jornada.

Agradeço à Prof^a. Dr^a. *Rosaura de Menezes Selles Ribeiro*, por acreditar a primeira vista no potencial desta pesquisa, por acolher-me como seu orientado e seu amigo e principalmente por acreditar e incentivar meu crescimento como ser humano e como professor pesquisador.

Ao Prof. Dr. *Anderson Paulo de Paiva* que como co-orientador me mostrou os caminhos para a realização desta pesquisa, ensinou-me o que significa realmente ser um professor e um pesquisador, soube ser ponderado e brando com o andamento e retorno da pesquisa, mas também soube cobrar quando necessário e colocar-me no caminho correto. E como amigo sempre se preocupou com meu bem-estar e por muitas vezes com palavras sempre sinceras e acolhedoras soube recolocar-me no caminho certo quando fraquejava.

Ao meu grande amigo *Ronã*, sempre companheiro e preocupado comigo, sempre perguntando como eu estava e como estava o andamento da tese, mostrou além de uma grande amizade, uma influência gigantesca na maneira de perceber e conduzir minha vida acadêmica e profissional.

Agradeço aos Professores Doutores *Messias*, *Marins* e *Valério* pelas excelentes aulas e inestimável conhecimento adquirido. Aos companheiros de jornada *Marcelo* e *Carlos* pela amizade neste longo caminho.

Meus agradecimentos ao Programa de Apoio ao Ensino e à Pesquisa Científica e Tecnológica em Engenharias – PRÓ-ENGENHARIAS, à Universidade Estadual Paulista – UNESP, à Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela oportunidade de pertencer a este grupo notável de pessoas, por poder aprimorar e expandir meus conhecimentos, por permitir que tivesse o privilégio de conviver e aprender com grandes professores e pesquisadores.

EPÍGRAFE

“Absolutamente nada é conquistado sem trabalho”

Joaquim Oliveira de Brito

RIBEIRO Jr., H. J. R. **Indicador Multivariado Policórico: Proposta de Indicador para o Diagnóstico da Aprendizagem Organizacional**. 2013. 158 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2013.

RESUMO

Este trabalho propõe o desenvolvimento, validação e teste de um indicador multivariado para o diagnóstico de práticas da Aprendizagem Organizacional (AO) nas organizações, com vistas ao planejamento da Gestão do Conhecimento (GC). Este indicador, construído a partir da Análise de Componentes Principais (ACP), estende a aplicação do Índice Global Multivariado (IGM) de Paiva *et al.* (2010) para dados ordinais, com a extração de escores de componentes principais realizada a partir da matriz de correlação policórica. Este novo indicador, denominado “Indicador Multivariado Policórico (IMP)”, fornece uma forma mais robusta de análise da estrutura de correlação e covariância de variáveis aleatórias discretas que se adequam à distribuição de probabilidade Multinomial, característica dos protocolos estabelecidos com base em escalas ordinais do tipo *Likert*. Assim, para desenvolver a proposta, foi utilizada uma adaptação do protocolo *Organizational Learning Survey* de Goh e Richards (1997), que permitiu uma série de simulações para verificar a adequação e a sensibilidade do indicador frente a diferentes cenários. Como forma de validação e teste, o protocolo foi aplicado no Laboratório Nacional de Astrofísica (LNA), onde se obteve o diagnóstico da AO. A principal constatação desta tese foi a correlação positiva detectada entre o viés da média e IMP e o aumento da correlação dos questionários, o que implicada em diagnósticos ora subestimados, ora superestimados. Além de diagnósticos enviesados pela utilização da média, constatou-se também a alta correlação positiva observada entre o segundo autovalor da matriz de correlação policórica e o alfa de Cronbach, o que mostra como o indicador pode sugerir também o nível de confiabilidade interna dos questionários. Diferenças significativas também foram observadas em relação à extração de componentes com base na matriz de correlação r de Pearson, observadas tanto em dados simulados quanto no caso real. Por fim, o IMP indicou a possibilidade de mudança de diagnóstico em função deste viés, o que influencia significativamente nas atividades de planejamento voltado à GC, com base no diagnóstico desenvolvido.

PALAVRAS-CHAVE: Gestão do Conhecimento. Aprendizagem Organizacional. Análise de Componentes Principais. Correlação Policórica. Análise de viés. Dados ordinais.

RIBEIRO Jr., H. J. R. **Polychoric Multivariate Index: Proposal of an Indicator for the Learnig Organization Diagnosis.** 2013. 158 p. Thesis (Doctorate in Mechanical Engineering) – Engineering College Guaratinguetá Campus, São Paulo State University, (UNESP), Guaratinguetá, 2013.

ABSTRACT

This study proposes the development, validation and test of a multivariate indicator for the diagnostic of Organizational Learning (OL) practices in the organizations in order to contribute to the planning of Knowledge Management (KM). This indicator was built from the Principal Component Analysis (PCA)), extends the application of the Global Multivariate Index (GMI) for ordinal data, with the extraction of principal component scores taken from the polychoric correlation matrix. This new indicator, called Multivariate Polychoric Indicator (MPI), provides a more robust analysis of covariance and correlation structure of discrete random variables that fit the Multinomial probability distribution, characteristic of established protocols based on the ordinal scales Likert. Thus, to develop the proposal, we used an adaptation of the Goh and Richards' Organizational Learning Survey protocol, which allowed a series of simulations to verify the appropriateness and sensitivity of the indicator against different scenarios. As a form of validation and testing, the protocol was applied in the National Astrophysical Laboratory (LNA), which revealed the diagnosis of OL. The main finding of this thesis was the detected positive correlation among the average bias and MPI and the increased correlation of the questionnaires, which sometimes involved in diagnostics under or overestimated. Besides diagnostics skewed by the use of the average, there was also a high positive correlation observed between the second eigenvalue of the polychoric correlation matrix and Cronbach's alpha, which shows how the indicator can also suggest the level of internal reliability of the questionnaires. Significant differences were also observed in relation to the extraction of components based on the Pearson's correlation r matrix, observed both on simulated data as in the real case. Finally, the MPI has indicated the possibility of change in diagnosis due to this bias, which significantly influences on planning activities aimed at KM, developed on the basis of diagnosis.

KEY WORDS: Knowledge Management. Organizational Learning. Principal Component Analysis. Polychoric Correlation. Analysis of bias. Ordinal data.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Processo de modelagem.....	22
FIGURA 2 – Método da Tese	23
FIGURA 3 – Estrutura da Tese	28
FIGURA 4 – Os níveis hierárquicos da informação.....	31
FIGURA 5 – O Fluxo do Conhecimento	32
FIGURA 6 – Os quatro modos de conversão do conhecimento	36
FIGURA 7 – Espiral do Conhecimento.....	37
FIGURA 8 – Criação do Conhecimento.....	38
FIGURA 9 – Iniciativas de atividades de GC	42
FIGURA 10 – Gráfico e contorno de uma distribuição bivariada normal das variáveis ζ e η	57
FIGURA 11 – Resumo gráfico para obtenção da CPMV.....	59
FIGURA 12 – Interpretação geométrica da ACP	63
FIGURA 13 – Interpretação geométrica da ACP	65
FIGURA 14 – Elipse de densidade constante para dois componentes principais.....	70
FIGURA 15 – Correlação Nula = Autovalores idênticos	71
FIGURA 16 – Aproximação para Variância constante	75
FIGURA 17 – (a) Rotacionalidade, (b) Arranjo central composto para dois fatores.....	80
FIGURA 18 – Arranjo do tipo Box-Behnken para três fatores	81
FIGURA 19 – <i>Outlier</i> detectado pelo método da Distância de Mahalanobis.....	83
FIGURA 20 – Resumo gráfico para o método de diagnóstico em Aprendizagem Organizacional.....	85
FIGURA 21 – Fluxograma para o desenvolvimento das simulações	88
FIGURA 22 – Tela com os dados de entrada no <i>software</i> LISREL	92
FIGURA 23 – Tela do <i>software</i> LISREL com a matriz policórica	92
FIGURA 24 – Execução do CCD por meio dos protocolos simulados	93
FIGURA 25 – Gráfico de contorno para as influências sobre Lambda 1	96
FIGURA 26 – Gráfico de contorno para as influências sobre Lambda 2	97
FIGURA 27 – Regressão entre o α de Cronbach e Lambda 1	97
FIGURA 28 – Regressão entre o α de Cronbach e Lambda 2	97
FIGURA 29 – Gráfico de contorno para as influências sobre Lambda 3	99
FIGURA 30 – Gráfico de contorno para as influências sobre a Porcentagem de Explicação	100
FIGURA 31 – Gráfico de contorno para as influências sobre a validade interna do protocolo.....	101
FIGURA 32 – Gráfico de contorno para as influências sobre a validade interna do protocolo.....	103
FIGURA 33 – Fluxo para obtenção do indicador proposto	105
FIGURA 34 – Organograma do LNA	107
FIGURA 35 – Fluxograma de aplicação do IMP ao LNA	107
FIGURA 36 – Gráfico de contorno para as influências sobre o MAPE (2PC - $r = 0,64$).....	110
FIGURA 37 – Resumo estatístico para MAPE (2PC - $r = 0,64$)	111
FIGURA 38 – Gráfico de contorno para as influências sobre o MAPE (3PC - $r = 0,64$).....	112
FIGURA 39 – Resumo estatístico para MAPE (3PC - $r = 0,64$).....	112
FIGURA 40 – Relação viés e níveis de correlação	113

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – Revisão das técnicas de diagnóstico e avaliação do conhecimento	25
QUADRO 2 – Significância dos dados	30
QUADRO 3 – Ligações do Conhecimento	32
QUADRO 4 – Fatores Sociais do Ponto de Vista Industrial e do Conhecimento	33
QUADRO 5 – Duas Dimensões do Conhecimento	35
QUADRO 6 – Principais abordagens sobre GC.....	39
QUADRO 7 – Os processos essenciais da Gestão do Conhecimento	43
QUADRO 8 – Principais conceitos acerca da Aprendizagem Organizacional.....	46
QUADRO 9 – Comparativo entre Organizações.....	49
QUADRO 10 – Métodos de análises correlacionais para dados ordinais.....	60
QUADRO 11 – Aplicações da ACP.....	61

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Montagem de uma tabela de contingência	56
TABELA 2 – Níveis de Correlação e Coeficientes de Variação definidos pelo CCD	87
TABELA 3 – Fragmento da Matriz Variância-Covariância (Sigma).....	89
TABELA 4 – Fragmento da Matriz Multivariada Normal	90
TABELA 5 – Distribuição de frequência para conversão de dados contínuos para dados ordinais	90
TABELA 6 – Fragmento do Protocolo Simulado	91
TABELA 7 – Resultados dos testes realizados nos protocolos simulados	94
TABELA 8 – Regressão estimada para a influência de R e CV sobre Lambda 1	95
TABELA 9 – Regressão estimada par a influências de R e VC sobre Lambda 2	96
TABELA 10 – Regressão para α de Cronbach e Lambda 1	98
TABELA 11 – Regressão para α de Cronbach e Lambda 2	98
TABELA 12 – Regressão estimada par a influências de R e CV sobre Lambda 3	98
TABELA 13 – Regressão estimada par a influências de R e CV sobre Porcentagem de Explicação	99
TABELA 14 – Influências sobre α de Cronbach.....	100
TABELA 15 – MADE por dimensão de análise	109
TABELA 16 – MAPE por respondente ($r = 0,64$)	109
TABELA 17 – Regressão estimada para as influências de R e CV sobre MAPE (2PC - $r = 0,64$).....	110
TABELA 18 – Regressão estimada para as influências de R e CV sobre MAPE (3PC - $r = 0,64$).....	111
TABELA 19 – Potenciais de aprendizagem por setor	113
TABELA 20 – Análise dos critérios em relação ao PAPO e IMP.....	114

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ACP	–	Análise de Componentes Principais
ANOVA	–	Análise de Variância
AO	–	Aprendizagem Organizacional
CAC	–	Coordenação de Apoio Científico
CAD	–	Coordenação de Administração
CAPES	–	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CC	–	Capital do Cliente
CCC	–	<i>Central Composite Circumscribed</i>
CCD	–	<i>Central Composite Design</i>
CCF	–	<i>Central Composite Face-centered</i>
CCI	–	<i>Central Composite Inscribed</i>
CE	–	Capital Estrutural
CEDP	–	Coordenação de Engenharia e Desenvolvimento de Projetos
CFHT	–	Telescópio Canadá-França-Havai
CH	–	Capital Humano
COPD	–	Coordenação do Observatório Pico dos Dias
COVA	–	Coeficiente de Variância
CPEAP	–	Correlação Policórica Esperada <i>a Posteriori</i>
CPMV	–	Correlação Policóricas por Máxima Verossimilhança
CTC	–	Concelho Técnico Científico
CV	–	Coeficiente de Variação
Exp	–	Explícito
FNQ	–	Fundação Nacional para a Qualidade
GC	–	Gestão do Conhecimento
GMI	–	<i>Global Multivariate Index</i>
IGM	–	Índice Global Multivariado
IMP	–	Indicador Multivariado Policórico
KM	–	<i>Knowledge Management</i>
LNA	–	Laboratório Nacional de Astrofísica
MAD	–	<i>Median Absolute Deviation</i>
MAPE	–	<i>Mean Absolute Percentage Error</i>
MCTI	–	Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação
MMN	–	Matriz Multinomial
MSR	–	Metodologia de Superfície de Resposta
MVN	–	Matriz Multivariada Normal
NLA	–	<i>National Laboratory of Astrophysics</i>
OL	–	<i>Organization Learning</i>
OLS	–	<i>Organizational Learning Survey</i>
OPD	–	Observatório do Pico dos Dias
P&D	–	Pesquisa & Desenvolvimento
PAPO	–	Potencial de Aprendizagem Organizacional
PC	–	Componente Principal
PCA	–	<i>Principal Component Analysis</i>

PMI	–	<i>Polichoric Multivariate Index</i>
PRÓ-Engenharias	–	Programa de Apoio ao Ensino e à Pesquisa Científica e Tecnológica em Engenharias
ρ		Coeficiente de Correlação Populacional de Pearson
ρ		Coeficiente de Correlação de Spearman
r	–	Coeficiente de Correlação Amostral de Pearson
SEMA	–	Serviço de Manutenção e Apoio Operacionais
SSL	–	Sistema de Suporte Logístico
Tác	–	Tácito
UNESP	–	Universidade Estadual Paulista
UNIFEI	–	Universidade Federal de Itajubá

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO	18
1.1 Questões Norteadoras	19
1.2 Objetivos.....	20
1.2.1 Objetivo Geral	20
1.2.2 Objetivos Específicos	20
1.3 Materiais e Métodos	21
1.4 Justificativas	23
1.5 Estrutura da Tese	27
CAPÍTULO 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	29
2.1 Gestão do Conhecimento.....	29
2.1.1 Dados, Informação e Conhecimento	29
2.1.2 O Conhecimento Organizacional	33
2.1.3 A Transformação do Conhecimento.....	35
2.1.4 Gestão do Conhecimento.....	37
2.2 Aprendizagem Organizacional	44
2.2.1 A Aprendizagem nas Organizações.....	46
2.2.2 Organizações de Aprendizagem	47
2.2.3 <i>Organizational Learning Survey</i>	50
2.3 Análises Correlacionais	51
2.3.1 Coeficiente de Correlação de Pearson	51
2.3.2 Coeficiente de Correlação de Spearman.....	52
2.3.3 Coeficiente de Correlação de Kendall	52
2.3.4 Coeficiente de Correlação Policórica	53
2.3.4.1 Estimador de Máxima Verossimilhança.....	53
2.3.4.2 Distribuição Multinomial	55
2.3.4.3. Coeficiente de Correlação Policórica por Máxima Verossimilhança.....	56
2.4 Estatística Multivariada	60
2.4.1 Análise de Componentes Principais	60
2.4.2 Componentes Principais Populacionais.....	63
2.4.3 Componentes Principais de Variáveis Padronizadas.....	68
2.4.4 Variância Amostral e ACP	69
2.4.5 Escores de Componentes Principais	72
2.4.6 Componentes Principais para Dados Discretos	72
2.4.7 Índice Global Multivariado	75
2.4.8 Metodologia de Superfície de Resposta	77
2.4.8.1 Arranjos Experimentais para Superfície de Resposta.....	79
2.4.9 Coeficiente Alpha de Cronbach.....	82
2.4.10 Distância Mahalanobis	82
2.5 Considerações Finais do Capítulo	84
CAPÍTULO 3 PROPOSTA DE TESE	85
3.1 Simulações.....	86
3.1.1 Desenvolvimento da Simulação	86
3.1.2 Execução das Simulações	92
3.1.3 Resumo das Análises Estatísticas das MSR's	101
3.2 Fluxograma do Método	104
CAPÍTULO 4 APLICAÇÃO DO MÉTODO NO LABORATÓRIO NACIONAL DE ASTROFÍSICA – LNA	106
4.1 Laboratório Nacional de Astrofísica.....	106

4.2 A Aplicação do IMP ao LNA	107
4.3 Comparativo dos Diagnósticos	108
4.4 Contribuições e Propostas para a Gestão do Conhecimento	116
CAPÍTULO 5 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	119
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	122
Apêndice A	142
Apêndice B	146
Apêndice C	147
Apêndice D	148
Apêndice E	149
Apêndice F	150
Apêndice G	151
Apêndice H	155
Apêndice I	156
Apêndice J	157

CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO

A Gestão do Conhecimento (GC) é reconhecidamente uma estratégia gerencial para aquisição de vantagens competitivas. Portanto, as organizações que forem capazes de identificar e utilizar de forma apropriada seus conhecimentos, tanto adquiridos quanto gerados, estarão um passo à frente no cumprimento de seus objetivos organizacionais (NONAKA e TAKEUCHI, 1997; NGAI e CHAN, 2005; JOSHI, SARKER e SARKER, 2007; LIEBOWITZ *et al.*, 2007; SHERIF e XING, 2006; WANG e CHANG, 2007; WU, 2012; WEI-LI e CAI-JIE, 2012).

Horvath (1999) e Stenmark (2001), afirmam que a maioria dos ativos intelectuais de uma empresa existe na forma de conhecimento e experiências nas mentes de seus funcionários. Assim, diversas práticas, ferramentas e metodologias têm sido desenvolvidas para promover a criação e compartilhamento destes conhecimentos (MARTENSSON, 2000; BINNEY, 2001; GRAY, 2001; ACHTERBERGH e VRIENS, 2002; HLUPIC *et al.*, 2002; DESOUSA, 2003, GEGENFURTNER, 2011).

Dentre as diversas formas de captação e desenvolvimento do conhecimento e capital intelectual, Prichard *et al.* (2000) definem que a Aprendizagem Organizacional, que analisa tanto o conhecimento tácito quanto o explícito nas organizações, tem a capacidade de criar um ambiente favorável ao conhecimento, resultando no aumento do desempenho empresarial.

Dessa forma, percebe-se que as capacidades dinâmicas da aprendizagem organizacional facilitam a compreensão do ambiente de maneira a preencher as lacunas em termos de conhecimento funcional, ambiental e interpessoal. Suas práticas são eficazes na absorção de conhecimento, resultando em mudanças na estrutura e cultura organizacional, integrando e gerenciando complementaridades de conhecimento (LIAO *et al.*, 2010; MORALES *et al.*, 2012; VIJANDE *et al.*, 2012; YANG e LAI, 2012; YAO *et al.*, 2013).

Assim, segundo Chawla e Joshi (2011), a Gestão do Conhecimento e Aprendizagem Organizacional podem ser vistas como conceitos que se reforçam mutuamente, usando o conhecimento e o capital intelectual como parte integrante na busca pela excelência organizacional, pois, o correto uso das práticas de aprendizagem organizacional previne a perda de recursos intelectuais, acelera o ritmo de inovação e contribui para uma adoção constante da gestão do conhecimento.

Contudo, segundo Goh e Ryan (2002), a captação, exploração e a criação do ambiente favorável para o desenvolvimento da aprendizagem e do conhecimento muitas vezes é despercebida ou negligenciada devido à falta de métodos mais adequados para identificar e medir as potencialidades e oportunidades contidas no ambiente organizacional, constituindo uma barreira para uma correta gestão do conhecimento (PAN *et al.*, 2007; TSENG, 2008; LIAO *et al.*, 2010; MORALES *et al.*, 2012; NAGARAJAN *et al.*, 2012).

Portanto, algumas questões decorrentes dessas reflexões se colocam como norteadoras no desenvolvimento desta pesquisa, inclusive com vistas à definição dos objetivos da mesma.

1.1 Questões Norteadoras

As questões norteadoras são questões específicas e intermediárias, deduzidas a partir de reflexões, questionamentos e hipóteses advindas da teoria estudada e tem por objetivo orientar a obtenção da resposta da questão principal. No caso desta pesquisa, questões, dúvidas e indagações relativas a Aprendizagem Organizacional e a Gestão do Conhecimento, conduziram a questionamentos mais profundos relacionados abaixo.

- Como e quais são as técnicas de diagnóstico em Aprendizagem Organizacional e Gestão do Conhecimento?
- Em quais contextos tais técnicas são aplicadas?
- Quais são os principais aspectos analisados nestes diagnósticos?
- Existem aplicações de técnicas de estatística multivariadas para diagnósticos e planejamento da Aprendizagem Organizacional e Gestão do Conhecimento?
- Qual é o tipo de dado, contínuo ou discreto? Como é feita a análise de protocolos com escala discreta?
- Como são tratados os dados desse tipo de escala em termos de correlação e variância?
- Há negligência da estrutura de correlação existente em questionários?
- Como é tratada a utilização da média das questões individuais como critério único de avaliação de protocolos;
- A negligência da estrutura de variância-covariância e a utilização da média originam algum tipo de viés na análise dos protocolos?

- É possível a aplicação de técnicas multivariadas para o desenvolvimento de indicadores independentes, aplicados a variáveis correlacionadas?
- Qual é a contribuição desse tipo de técnica para o planejamento da Gestão do Conhecimento?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo principal desta tese é desenvolver um indicador multivariado para o diagnóstico de práticas da Aprendizagem Organizacional (AO) nas organizações, com vistas ao planejamento da Gestão do Conhecimento (GC), construído a partir da adaptação do Índice Global Multivariado (IGM) de Paiva *et al.* (2010) para dados ordinais, com a extração de escores de componentes principais realizada a partir da matriz de correlação policórica. Este novo indicador, denominado “Indicador Multivariado Policórico (IMP)”, permitirá a análise da estrutura de correlação e covariância de variáveis aleatórias discretas que seguem a distribuição de probabilidade Multinomial, distribuição esta, característica dos protocolos estabelecidos com base em escalas ordinais do tipo *Likert*.

1.2.2 Objetivos Específicos

De maneira a cumprir o objetivo geral foi preciso delimitar metas mais específicas de forma que, somadas, conduziram à consecução do objetivo principal. Dessa maneira, têm-se:

- Com relação ao diagnóstico:
 - Identificar as principais técnicas utilizadas;
 - Identificar as principais características de Aprendizagem Organizacional e Gestão do Conhecimento utilizadas;
 - Identificar o tipo de abordagem, qualitativo ou quantitativo;
 - Identificar o tipo de dado utilizado, discreto ou contínuo;
- Com relação ao Indicador:
 - Analisar o comportamento de dados ordinais, representados pela estrutura de *Likert*, e sua estrutura de correlação por meio de Correlação Policórica;

- Analisar a estrutura de correlação de um construto conhecido voltado a Aprendizagem Organizacional e Gestão do Conhecimento;
- Analisar a estrutura de variância-covariância de um construto conhecido voltado a Aprendizagem Organizacional e Gestão do Conhecimento;
- Simular aplicações do protocolo em diferentes cenários, verificando o controle das estruturas de correlação e variância-covariância;
- Gerar o indicador multivariado com base nas análises e verificações supracitadas;
- Analisar o comportamento do indicador multivariado extraído por meio da Análise de Componentes Principais e da matriz de correlação policórica;
- Verificar a existência de viés entre o indicador e a utilização da média geral como forma de análise;
- Com relação aos resultados:
 - Analisar e validar o indicador multivariado frente à aplicação e comparação do mesmo ao objeto de estudo escolhido, o Laboratório Nacional de Astrofísica – LNA;
 - Demonstrar contribuições à Gestão do Conhecimento a partir da aplicação do indicador multivariado para o diagnóstico de práticas da Aprendizagem Organizacional na simulação no Laboratório Nacional de astrofísica – LNA;
 - Oferecer uma contribuição a pesquisadores acerca da análise de componentes principais e estudos multivariados aplicados à Aprendizagem Organizacional, bem como, sua aplicação correlata à Gestão do Conhecimento.

1.3 Materiais e Métodos

Visando o cumprimento do objetivo geral desta pesquisa, deve-se, primeiramente, definir a abordagem a ser adotada. Dessa maneira, segundo Martins (2010), foi adotada a abordagem quantitativa e pode ser definido como aquela onde o pesquisador deve capturar as evidências de pesquisa por meio da mensuração de variáveis, a partir de informações subjetivas, como opiniões e atitudes, traduzindo-as em números para classificá-las, analisá-las

e testá-las, uma vez que as hipóteses são deduzidas a partir de uma teoria existente (CRESWELL e CLARK, 2007; SAMPIERI, 2006).

Definida a abordagem de pesquisa, o passo seguinte, segundo Martins (2010), é definir o método de pesquisa. Dentre os métodos de pesquisa existentes, adotou-se o método modelagem e simulação. A simulação permite representar um sistema real por meio de um modelo, propiciando análises de seu comportamento e programar e controlar mudanças (BERTRAND e FRANSOO, 2002).

O processo de modelagem, segundo Morabito e Pureza (2010), permite a construção do modelo a ser simulado, primeiramente tal sistema é abstraído por meio de um modelo conceitual, uma descrição verbal do comportamento do sistema considerado.

Em seguida, descreve-se o sistema de maneira mais refinada, por meio de um modelo experimental de simulação, que representará o funcionamento deste sistema por meio de relações lógicas. A Figura 1 ilustra o processo de solução de um sistema por meio da modelagem.

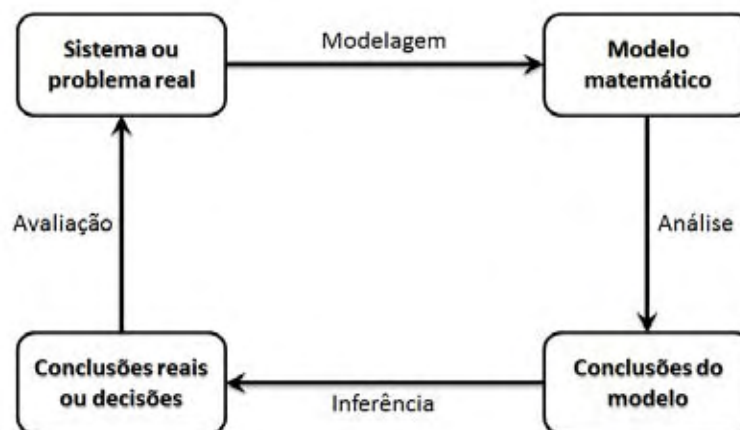


FIGURA 1 – Processo de modelagem (ARENALES *et al.*, 2007)

Neste processo a Modelagem é responsável por definir as variáveis de interesse e as relações matemáticas que descrevem o comportamento relevante do sistema; a Análise irá aplicar as técnicas matemáticas, por meio do uso de tecnologias (computadores, *softwares*, etc.), de maneira a resolver o modelo matemático e visualizar possíveis conclusões; a Inferência discutirá se as conclusões para o problema têm significado suficiente para o problema real; e por fim a Avaliação revelará se a modelagem e as conclusões obtidas são adequadas ao problema real, caso contrário, a modelagem pode sofrer revisões, reiniciando o ciclo (MORABITO e PUREZA, 2010).

Dessa forma, a modelagem deste estudo será baseada nos dados secundários do protocolo utilizado no trabalho de Ribeiro Jr. e Stano (2010), dos quais serão definidas as variáveis que melhor descrevem o comportamento desse protocolo. A avaliação será realizada por meio da simulação sistemática de diferentes cenários deste protocolo a fim de controlá-lo e assim realizar inferências sobre o comportamento das variáveis e sua possível influência no sistema. A avaliação será realizada por meio da aplicação do indicador multivariado nos dados secundários provindos do estudo de Ribeiro Jr. e Stano (2010), e posterior comparação dos resultados.

Continuamente, a pesquisa apresenta ainda uma fundamentação teórica acerca da Gestão do Conhecimento, Aprendizagem organizacional, Análises Correlacionais, Análise de Componentes Principais, bem como algumas definições sobre o Índice Global Multivariado, e Alpha de Cronbach. Em seguida, é feita a descrição do método de obtenção do indicador multivariado, utilizando as abordagens e métodos supracitados. A Figura 2 resume o método desenvolvido na tese.



FIGURA 2 – Método da Tese

1.4 Justificativas

Segundo Goh e Ryan (2002), Pan *et al.* (2007) e Tseng (2008), a falta de métodos robustos para identificar e medir as potencialidades e oportunidades da GC no ambiente organizacional ainda é uma barreira para uma maior adoção de suas práticas. É percebida a incapacidade de diagnosticar o conhecimento na organização de forma a obter informações e recursos necessários para o desenvolvimento de uma estratégia apropriada (KIM, YU e LEE, 2003).

Dessa forma, é requerida uma análise do ambiente interno da organização, para identificar tais conhecimentos e entender sua potencialidade de maneira a conduzir apropriadamente as atividades ligadas à GC, pois mesmo que parte do conhecimento de uma organização seja codificado e armazenado em uma memória organizacional, há o risco de deterioração ou perda se o mesmo não for adequadamente gerido (CHAWLA e JOSHI, 2011; NDLELA e TOIT, 2001; WAKEFIELD, 2005).

Nesse sentido, a aprendizagem se mostra capaz de suprir tal lacuna, pois a correta identificação de suas práticas no ambiente organizacional tem impacto positivo na inovação, criação e retenção do conhecimento, ela ainda reforça a atuação da gestão do conhecimento, por evitar perdas de capital intelectual e direcionar mudanças culturais (AZMAA e MOSTAFAPOURA, 2011; SÁNCHEZ e MORRISON-SAUNDERS, 2011, MORALES *et al.*, 2012; JAFARI e KALANAKI, 2012).

Ademais, o diagnóstico e a avaliação do conhecimento organizacional vêm tornando-se importantes e seu crescimento é percebido nas pesquisas científicas (MARR, 2004; SMITS e MOOR, 2004; NAGARAJAN *et al.*, 2012). Contudo, observa-se que pesquisas ligadas a AO e a GC em sua maioria são constituídas de levantamentos sociais e comportamentais, também é observado o comum uso de questionários autoaplicáveis, muitas vezes contendo escalas *Likert* ou outra escala ordinal, para medir a percepção do participante.

O que requer cuidado e atenção do pesquisador em relação ao tratamento dos dados de maneira a não implicar em um diagnóstico pouco robusto. Além disso, muitos pesquisadores geralmente coletam esses dados ordinais e os tratam como contínuos, ou aplicam análises pobres ou inadequadas (KOLENIKOV e ANGELES, 2009; CHOI, PETERS e MUELLER, 2010).

Ainda segundo Kolenikov e Angeles (2009) e Choi, Peters e Mueller (2010), as análises correlacionais de Pearson, mais comumente utilizadas, podem ser consideradas um método menos adequado para estudar o grau de associação entre variáveis ordinais, isso ocorre porque em quase todos os métodos estatísticos padrão são baseados na suposição que a resposta é medida numa escala contínua e tem variância constante.

Entretanto, para dados ordinais a suposição de variância constante é violada, sendo necessário transformar a variância em uma função mais estável, a fim de se obter uma análise eficiente. Além disso, apesar de o intervalo finito, dados ordinais tendem a ter elevada assimetria e curtose, principalmente se houver muitos dados concentrados em uma única categoria (BISGAARD e FULLER, 1994).

Segundo Guilley e Uhlig (1993), todas as variáveis ordinais implicam em escalas, ou seja, a informação proporcionada por essas escalas compreende no número de sujeitos em cada uma das categorias. Já a correlação de Pearson assume medição de intervalo, e quando aplicada a dados ordinais, todos os sujeitos situados no intervalo que limita cada uma das categorias seriam considerados como sendo incluídos na mesma categoria e, portanto, seriam atribuída a mesma pontuação com uma consequente redução na variabilidade dos dados.

Assim, existem na literatura algumas opções de análises correlacionais para o tratamento de dados ordinais expressos em escalas de *Likert* ou similar, tais como medidas não paramétricas: o coeficiente de correlação ρ de Spearman, τ de Kendall (Kendall e Stuart, 1973; Kendall e Gibbons, 1990).

E medidas paramétricas como as correlações policóricas (Olsson, 1979) que possuem propriedades semelhantes à correlação r de Pearson, adequam-se à natureza dos dados ordinais representados pelos questionários, tornando-se a escolha de método de análise correlacional deste estudo (CHEN e POPOVICH 2002, POON *et al.*, 2002). O Quadro 1 apresenta uma revisão das técnicas de diagnóstico e avaliação tanto da Aprendizagem Organizacional quanto da Gestão do Conhecimento e suas principais características.

QUADRO 1 – Revisão das técnicas de diagnóstico e avaliação do conhecimento

Autor	Técnica
Changchit <i>et al.</i> (2001)	Utilizou entrevistas com especialistas para avaliar a transferência de conhecimento em auditorias.*
Longbottom e Chourides (2001)	Utilizou uma <i>survey</i> para avaliar a relação da utilização da GC em empresas líderes do Reino Unido.**
Chourides <i>et al.</i> (2003)	Buscou identificar fatores críticos de sucesso no processo de GC.*
Lev (2001)	Análise de indicadores financeiros. Retorno sobre investimentos baseados em ativos intangíveis de conhecimento.**
Hasan e Gould (2001)	Avaliação do conhecimento organizacional baseada em atividades e melhores práticas.*
Smits e Moor (2004)	Buscou medir o conhecimento organizacional por meio da técnica Comunidades de prática.*
Holt <i>et al.</i> (2004)	Acesso individual a conteúdo, contexto e processamento do conhecimento.*
Martinsons <i>et al.</i> (1999)	Utilizou <i>Balanced Score Cards</i> para definir estratégias em sistemas de informação.**
Marr (2004)	Utilizou <i>Benchmarking</i> para medir o capital intelectual de uma organização.*
Pemberton <i>et al.</i> (2001)	Utilizou <i>Benchmarking</i> em práticas de aprendizagem organizacional para o desenvolvimento de vantagens competitivas.*

QUADRO 1 – Revisão das técnicas de diagnóstico e avaliação do conhecimento (Continuação)

Autor	Técnica
Bresnena <i>et al.</i> (2003)	Práticas sociais como diagnóstico de gestão do conhecimento em ambientes de projeto.*
Gegenfurtner (2011)	Pesquisa Motivacional e transmissão de conhecimento, com questionário ordinal e nove dimensões relacionadas tanto com conhecimento quanto aprendizagem (Correlação de Spearman).**
Cunhaa e Wiendahlb (2005)	Usou Análise de Componentes Principais e Análise de <i>Clusters</i> para diagnosticar conhecimento e desempenho em ambiente fabril.***
Liao <i>et al.</i> (2010)	Modelo conceitual para aprendizagem organizacional.*
Sedera e Gable (2010)	Criou um índice multidimensional para diagnosticar GC dentro de sistemas especialistas por meio de <i>Partial Least Squares</i> .***
Morales <i>et al.</i> (2012)	Utilizou Análise de Fator e Equações Estruturais para avaliar AO e liderança (<i>software</i> LISREL).***
Vijande <i>et al.</i> (2012)	Utilizou Equações Estruturais para avaliar se o nível de AO influencia na competitividade organizacional.***
Yang e Lai (2012)	Usou Análise de Fator e <i>Path Analysis</i> para avaliar a relação entre AO e Lojas de Conhecimento.***
Rauffet <i>et al.</i> (2012)	Modelo conceitual de GC voltado a modelos de tecnologia da informação.*
Hung <i>et al.</i> (2011)	Fez uso do método DEMATEL (<i>Decision Making Trial and Evaluation Laboratory</i>) para avaliar impacto de GC em micro e pequenas empresas.***
Linder e Wal (2011)	Visou detectar fatores de sucesso da GC nas organizações temporárias por meio de <i>Partial Least Square</i> .***
Sánchez e Morrison-Saunders (2011)	Aplicou uma <i>survey</i> para avaliar o impacto da aprendizagem e conhecimento em agências governamentais.*
Stizmann e Johnson (2012)	Fez uso de Modelagem linear hierárquica com máxima verossimilhança plena estimada para avaliar a retenção de conhecimento em treinamentos <i>on-line</i> .***
Yang (2010)	Aplicou Análise Fatorial com rotação <i>varimax</i> , também conduziu SPSS para avaliar GC na performance organizacional.***
Gavronski (2012)	Utilizou método de Churchill de estratificação por agrupamentos para desenvolver uma abordagem de aprendizagem e conhecimento em operações fabris.***
Chen e Huang (2012)	Utilizou Equações estruturais, Análise de Fator para calcular o desvio em relação ao modelo de perfil ideal de performance do negócio em função da utilização do conhecimento.***
Chin <i>et al.</i> (2010)	Utilizou <i>Analytic Hierarchy Process</i> para identificar as principais funções dentro de sistemas de GC.
Kim <i>et al.</i> (2012)	Utilizou Análise de Redes Sociais para avaliar compartilhamento do conhecimento em Comunidades de Práticas.*
Chen e Fong (2012)	Avaliou o nível de maturidade do conhecimento por meio de Análise de Fator e Estimção por Máxima Verossimilhança.***
Yao <i>et al.</i> (2013)	Utilizou método Churchill e Análise de Fator para avaliar a GC na performance de novos produtos.***

QUADRO 1 – Revisão das técnicas de diagnóstico e avaliação do conhecimento (Continuação)

Autor	Técnica
Chen e Liang (2011)	Utilizou <i>Partial Least Squares</i> aliado a <i>Balanced Scorecard</i> para avaliar estratégias de GC e valorizar o conhecimento.***
Wu (2012)	Utilizou o método DEMATEL para avaliar fatores críticos de sucesso na implementação programas de GC.**
Azmaa e Mostafapoura (2011)	Aplicou uma <i>survey</i> para avaliar a relação da criatividade em função da AO e GC em ambientes de educação.*
Zhou (2011)	Avaliou GC no exercito por meio de lógica Fuzzy e Redes Neurais Artificiais. ***
Kang e Wang (2012)	Utilizou ACP ponderada por meio da <i>Analytic Hierarchy Process</i> , peso este dado por especialistas, para avaliar transferência de conhecimento.

* Modelo Qualitativo;

** Modelo Quantitativo sem descrição de tratamento estatístico;

*** Modelo Quantitativo com tratamento estatístico, utilização de escala *Likert* e correlação de Pearson.

Para o estudo realizado para a elaboração do Quadro 1, foram pesquisados artigos internacionais nas áreas de Educação e Comportamento, Engenharia de Produção, Administração, Negócios, Conhecimento e Tecnologia da Informação.

As técnicas e métodos analisados têm como principal característica de estudo a identificação de dimensões componentes da AO e GC e sua relação com o desenvolvimento organizacional, bem como a obtenção de vantagens competitivas, destacando-se: motivação para aprender e transferir conhecimentos, liderança transformacional, criação de conhecimento, visão comum, pensamento sistemático, aprendizagem e solução de problemas em grupo e criatividade. Todas essas dimensões de análise corroboram para a escolha do protocolo *OLS* por este contemplar todas as características supracitadas.

As pesquisas ainda revelaram um direcionamento com relação à utilização de levantamentos por meio de questionários de escalas do tipo *Likert*, bem como a preocupação com tratamentos estatísticos ou métodos quantitativos. Foi observado também o uso intensivo das correlações de Pearson em dados ordinais, que se mostraram segundo as justificativas supracitadas, inadequadas, o que reforça a necessidade de estudos definidos nos objetivos desta pesquisa.

1.5 Estrutura da Tese

Esta pesquisa foi dividida em cinco capítulos. O primeiro trata da Introdução, Objetivos, Materiais e Métodos e Justificativas. O Capítulo 2 apresenta as revisões bibliográficas sobre Gestão de Conhecimento, os tipos de conhecimento, sua criação, interação e gestão nas

organizações. Em seguida traz as definições acerca da Aprendizagem Organizacional (AO). São ressaltadas as principais funções e tipos de organizações que se utilizam dessa abordagem.

Logo após, são definidos os tipos de análises correlacionais, principal orientação para todos os estudos realizados, suas funções e principais aplicações. Em sequência tem-se a descrição da teoria da Análise de Componentes Principais, o entendimento de sua aplicação, bem como a exposição de diferentes exemplos da literatura, a base para a proposta do indicador multivariado.

No Capítulo 3 é apresentada a proposta de tese, discriminando-se os métodos empregados para aplicação do indicador multivariado Policórico, e o desenvolvimento das simulações realizadas para criação deste indicador. No Capítulo 4 o indicador é aplicado a um caso prático e verificado seu comportamento frente às simulações realizadas. No Capítulo 5 constam as considerações finais, as principais conclusões, a partir das quais são apontadas algumas sugestões para a continuidade deste estudo. A Figura 3 resume a estrutura da tese.

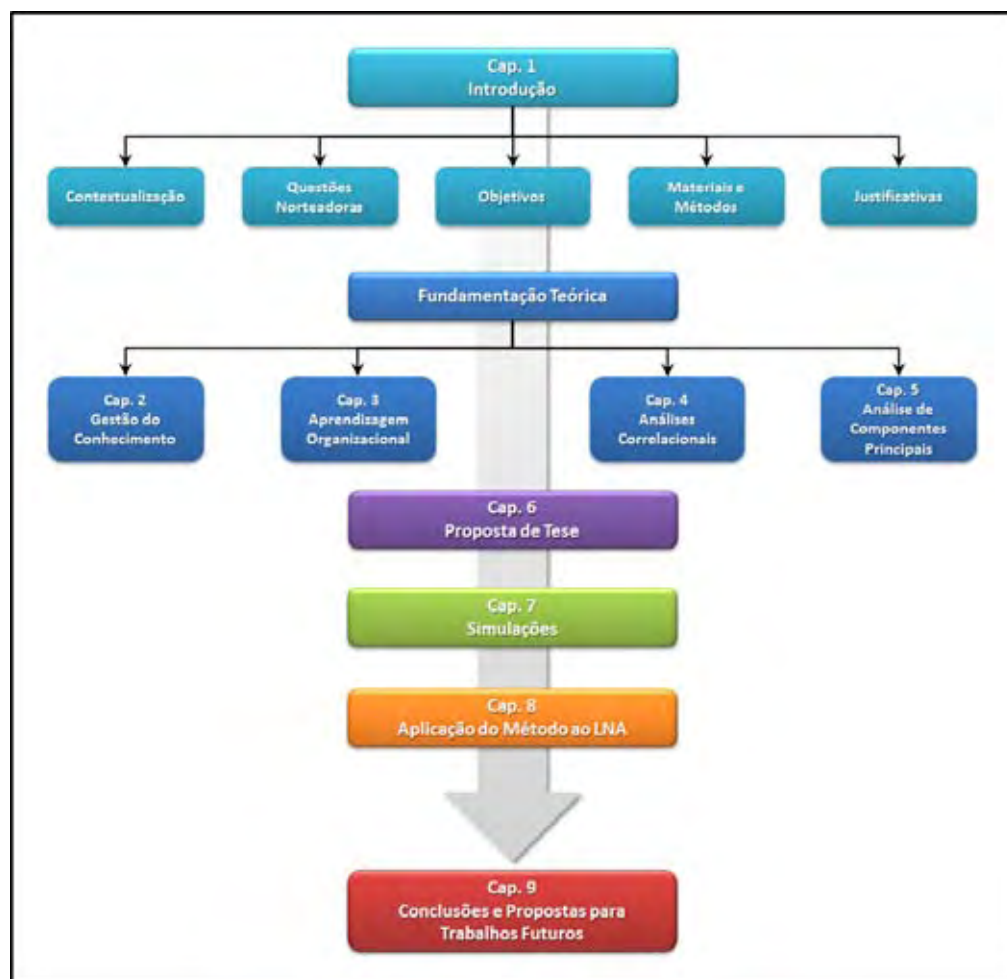


FIGURA 3 – Estrutura da Tese

CAPÍTULO 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Gestão do Conhecimento

Neste tópico serão apresentadas as discussões e definições teóricas que compõem a base para os estudos acerca da Gestão do Conhecimento Organizacional. O rápido avanço das tecnologias da informação e comunicação, o aumento da acessibilidade, juntamente com a eficaz divulgação dos conhecimentos existentes, fizeram com que a criação e difusão do conhecimento alcançassem níveis significantes, levando a uma rápida disseminação de modernas e eficientes técnicas de produção, consequentemente, resultando em uma economia mundial cada vez mais competitiva (CHEN e DAHLMAN, 2006; LIU *et al.*, 2012; KALE e KARAMAN, 2012).

Em todos os ramos de atividades, desde trabalhos menos complexos até os do mundo acadêmico ou do universo dos negócios, a maneira de interpretar e solucionar problemas específicos ainda é muito individualizada. Dessa forma, em meio a essa rapidez e crescimento tecnológico, observa-se que as pessoas possuem diferentes ideias sobre a natureza e a definição do conhecimento, principalmente em como criá-lo e como geri-lo (PROBST, RAUB e ROMHARDT, 2002; ALLAMEH, 2011).

Distinguir símbolos, dados de informações, informações de conhecimento e estabelecer relações quanto às experiências são as bases para o conhecimento organizacional. Para compreender melhor os processos de criação desse conhecimento, bem como sua gestão, faz-se necessária a conceituação e distinção entre estes termos.

2.1.1 Dados, Informação e Conhecimento

2.1.1.1 Dados

Dados representam basicamente traços de informações em estado bruto, sem contexto ou relação de significado entre si. São considerados símbolos que não podem fornecer interpretações completas para formação de um julgamento ou tomada de decisão. Como exemplos de dados têm-se números, cores e até mesmo imagens, e seu conjunto forma uma importante base para a construção do conhecimento das organizações (ALESSIO, 2004).

Davenport e Prusak (1998) definem que dado são um conjunto de fatos distintos e objetivos, relativos a eventos, sendo de relevante importância para as organizações por constituir a matéria-prima essencial para a criação da informação. O Quadro 2 lista os principais significados dos dados, segundo estes autores.

QUADRO 2 – Significância dos dados (DAVENPORT e PRUSAK, 1998)

Contextualização	É sabida a finalidade dos dados coletados.
Categorização	São conhecidas as unidades de análise ou as componentes essenciais dos dados.
Cálculo	Os dados podem ser analisados matematicamente ou estatisticamente.
Correção	Os erros são eliminados dos dados.
Condensação	Os dados podem ser resumidos para uma forma mais concisa.

Para esta pesquisa foi definido o significado dos dados coletados como **Categorização**, devido à forma de observação e análises realizadas, buscando por meio de categorias definirem unidades de concordância ou discordância para se obter um determinado diagnóstico.

2.1.1.2 Informação

Por meio da orientação e atribuição de significados os dados passam a ter uma determinada finalidade gerando-se assim a informação, diferentes conjuntos de dados quando conectados com sentidos e relacionados com um contexto, formam diferentes tipos de informação. Assim, a informação pode surgir na forma de lembranças, impressões, experiências, etc. (Fundação Nacional da Qualidade – FNQ, 2003).

Cronin (1990) afirma que a informação possui muito valor para as organizações, e que estes valores que variam, podem ser classificados da seguinte maneira:

- Valor de Uso: baseia-se na utilização final que se fará com a informação;
- Valor de Troca: é aquele que o usuário está preparado para pagar e variará de acordo com as leis de oferta e procura, conhecido também como valor de mercado;
- Valor de Propriedade: reflete o custo substitutivo de um bem;
- Valor de Restrição: o uso fica restrito apenas a algumas pessoas, pois a informação é secreta ou de interesse comercial.

Portanto, segundo Cronin, *opus cit*, a variação de valores envolvidos no processo de geração, utilização e troca de informações, pode ser a diferença entre sucesso e fracasso, assim, gerir corretamente as informações é de vital importância para uma organização.

2.1.1.3 Conhecimento

O ser humano adquire durante a vida uma série de informações, e a partir do estabelecimento de relações entre esses diversos tipos de informações gera-se o conhecimento. Ele é construído de diversas formas e por diversos meios, desde uma conversa, experiências, impressões, valores, crenças até relações de aprendizado (SILVEIRA, 2004).

A palavra conhecimento parece ter vários significados: informação, conscientização, saber, cognição, sapiência, percepção, ciência, experiência, qualificação, discernimento, competência, habilidade prática, capacidade, aprendizado, sabedoria, certeza. Dessa forma, o ser humano pode assim inferir conclusões e julgamentos sobre uma gama de conhecimentos (SVEIBY, 1998).

Atualmente, o conhecimento é gerado também por meio das tecnologias, procedimentos, base de dados, documentos, pelo conjunto de experiências e habilidades da força de trabalho e pelo resultado da análise das informações coletadas pelas organizações (BASSANI, 2005). Beal (2004) sintetiza a interação entre dados informação e conhecimento na Figura 4.

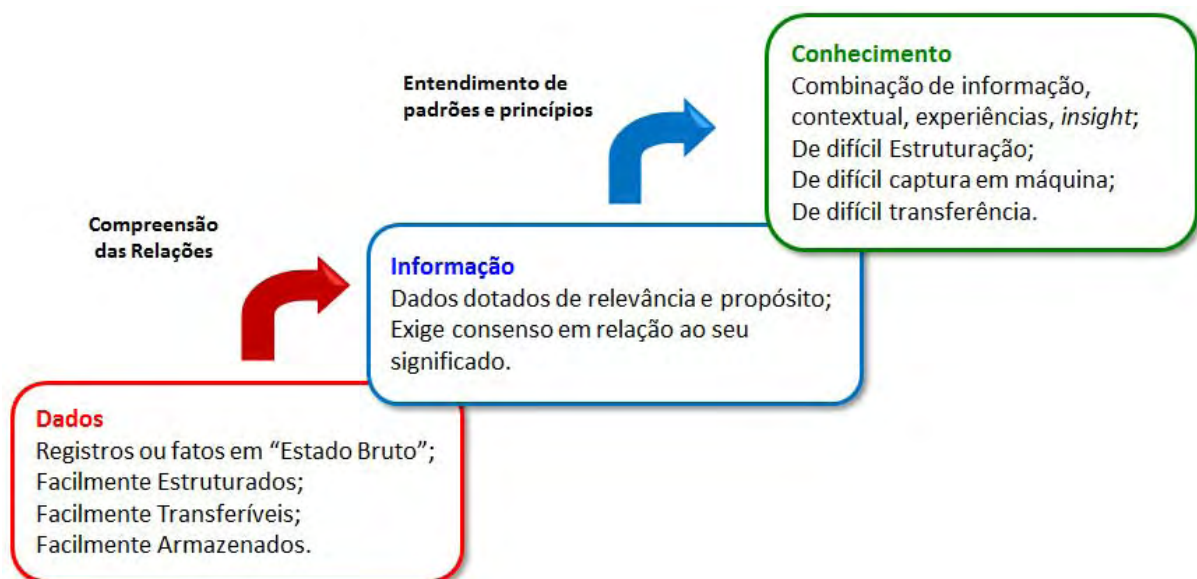


FIGURA 4 – Os níveis hierárquicos da informação (BEAL, 2004)

Dados dotados de contexto que permitam uma compreensão de suas relações formam a informação. Esta, quando atribuída de padrões e princípios, e aliada a experiência individual torna-se conhecimento. Contudo, tal conhecimento está relacionado com o desenvolvimento e o crescimento individual, podendo ser expandido em (KAKABADSE *et al.*, 2003):

- Percepção: é a aquisição de informações e a sua correta colocação em uso produtivo;
- Ação/Reflexão: é o delineamento e composição eficaz do uso da informação, formando a base para a tomada de decisão e ação;
- Sabedoria: a partir da reflexão das ações e o uso das informações em diferentes contextos permite a adaptação e o real desenvolvimento do conhecimento.

Logo, estas subdivisões do conhecimento compõem a estrutura chave para o desenvolvimento em um fluxo corrente, conforme a Figura 5.



FIGURA 5 – O Fluxo do Conhecimento (KAKABADSE *et al.*, 2003)

Assim, o conhecimento assume uma série de atividades em relação a cada dimensão dentro do funcionamento do fluxo de conhecimento, tal como ilustra o Quadro 3.

QUADRO 3 – Ligações do Conhecimento (Adaptado de KAKABADSE *et al.*, 2003)

	Dado	Informação	Percepção	Ação/ Reflexão	Sabedoria
Índice	Eventos	Tendências	Perícia	Empenho das ações	Experiência de Vida
Componente do Conhecimento	Observação Explícita	Avaliação Explícita	Aprendizado Exp. e Tác.	Reflexão	Entendendo contextos
Contexto	Livre	Insensível	Sensível	Ambiente de baixa compreensão	Ciclo de saber
Valor	Construindo Barreiras	Redução de Incertezas	Novas Compreensões	Vontade de agir	Guia para o valor

2.1.2 O Conhecimento Organizacional

Toffler (1980) em seus estudos dividiu a história da civilização em três grandes ondas de transformação: a primeira onda foi a Revolução Agrícola, a segunda onda foi a Revolução Industrial e a terceira e última é a Revolução da Informação.

Nesta última onda, Drucker (1993) identificou que o recurso básico para a economia seria o conhecimento, logo, os setores de produção, serviços e informação seriam baseados no conhecimento, criando, transformando e evoluindo de muitas formas. Portanto, faz-se necessário conceituar como as organizações criam, desenvolvem, transformam e evoluem seus conhecimentos.

A construção das competências e capacitações dos indivíduos dentro da organização gera o conhecimento organizacional. Ele é a fonte fundamental de ganhos para a empresa, pois este é um recurso único e inimitável, o qual acarreta em resultados importantes, específicos e desejados (SCHENDEL, 1996).

Assim, observando a mudança de foco de uma sociedade industrial para uma sociedade do conhecimento, Sveiby (1998) elaborou um Quadro onde são apresentados vários fatores da sociedade vistos sobre dois paradigmas, o industrial e o do conhecimento, representado pelo Quadro 4.

QUADRO 4 – Fatores Sociais do Ponto de Vista Industrial e do Conhecimento (SVEIBY, 1998)

Item	Vistos pelo paradigma Industrial	Vistos pelo paradigma do Conhecimento
Pessoas	Geradores de custo ou recursos	Geradores de receitas
Base de poder dos gerentes	Nível relativo na hierarquia organizacional	Nível relativo de conhecimento
Luta de poder	Trabalhadores físicos <i>versus</i> capitalistas	Trabalhadores do conhecimento <i>versus</i> gerentes
Principal tarefa da gerência	Supervisão de subordinados	Apoio aos colegas
Informação	Instrumento de controle	Ferramenta para o recurso da comunicação

QUADRO 4 – Fatores Sociais do Ponto de Vista Industrial e do Conhecimento – continuação (SVEIBY, 1998)

Item	Vistos pelo paradigma Industrial	Vistos pelo paradigma do Conhecimento
Produção	Trabalhadores físicos processando recursos físicos para criar produtos tangíveis	Trabalhadores do conhecimento convertendo conhecimento em estruturas intangíveis
Fluxo de informações	Via hierarquia organizacional	Via redes colegiadas
Forma básica de receita	Tangível (dinheiro)	Intangível (aprendizado, novas ideias, novos clientes, P&D)
Estrangulamentos na produção	Capital financeiro e habilidades humanas	Tempo e conhecimento
Manifestação da produção	Produtos tangíveis (hardware)	Estruturas intangíveis (conceitos e software)
Fluxo de produção	Regido pela máquina, sequencial	Regido pelas ideias, caótico
Efeito do porte	Economia de escala no processo de produção	Economia de escopo das redes
Relacionamento com o cliente	Unilateral pelos mercados	Interativo pelas redes pessoais
Conhecimento	Uma ferramenta ou um recurso entre outros	O foco empresarial
Finalidade do aprendizado	Aplicação de novas ferramentas	Criação de novos ativos
Valores do mercado acionário	Regidos pelos ativos tangíveis	Regidos pelos ativos intangíveis

Essa nova sociedade do conhecimento tem criado novas organizações com características diferentes das tradicionais organizações do século XX (GÓES, 2003), a saber:

- Proporção de trabalhadores do conhecimento aumenta em relação aos trabalhadores da produção;
- Relação entre os dois grupos se modifica, uma vez que anteriormente os trabalhadores do conhecimento eram amparados pelos da produção, e hoje, cada vez mais os trabalhadores da produção dependem dos trabalhadores do conhecimento;
- Conhecimento se torna o aspecto principal para a criação do diferencial competitivo;
- Gestores passam a ter ciência de que a sua firma está sob pressão implacável;
- Essência das organizações de conhecimento: o trabalho é feito na mente dos indivíduos.

2.1.3 A Transformação do Conhecimento

Nonaka e Takeuchi (1997) afirmam que o processo de formação do conhecimento ocorre de dentro para fora da organização, são redefinidos tanto os problemas quanto as soluções, recriando assim o meio organizacional.

Dentro deste processo foram definidas duas dimensões do conhecimento: o Conhecimento Tácito e o Conhecimento Explícito. O Quadro 5 ilustra como estas dimensões são definidas.

QUADRO 5 – Duas Dimensões do Conhecimento (NONAKA e TAKEUCHI, 1997)

Conhecimento Tácito (Subjetivo)	Conhecimento Explícito (Objetivo)
Conhecimento da experiência (Corpo)	Conhecimento da racionalidade (Mente)
Conhecimento simultâneo (Aqui e agora)	Conhecimento sequencial (Lá e Então)
Conhecimento análogo (Prática)	Conhecimento digital (Teoria)

Polanyi (1996) e Garber (2001) afirmam que grande parte de conhecimento não pode ser verbalizada ou escrita. Devido a este fato, o conhecimento denominado **Tácito** relaciona-se às experiências práticas e as sensações do corpo. Já o conhecimento expresso formalmente por meio da utilização de um sistema de símbolos, e que pode ser facilmente codificado e difundido, é denominado **Explícito** (CHOO, 2003).

Sendo assim, a interação destes conhecimentos é entendida como o processo de conversão do conhecimento que ocorre:

- De Tácito em Tácito, denominada Socialização: é o processo de compartilhamento do conhecimento e experiências, tais como, modelos mentais, habilidades e técnicas;
- De Tácito em Explícito, denominada Externalização: criado à medida que o conhecimento tácito se torna explícito tais como analogias, conceitos, hipóteses ou modelos;
- De Explícito em Explícito, denominada Combinação: a conversão do conhecimento requer a combinação de diferentes conjuntos de conhecimentos sistêmicos;
- De Explícito em Tácito, denominada Internalização: é a incorporação do conhecimento explícito ao conhecimento tácito por meio prático operacional;

A Figura 6 ilustra as interações entre o conhecimento tácito e explícito.



FIGURA 6 – Os quatro modos de conversão do conhecimento (Adaptado de NONAKA e TAKEUCHI, 1997)

Em decorrência de tais interações, a transferência do conhecimento surge em forma de espiral, contínua e crescente, o que permite a transferência, criação e inovação do conhecimento, gerando vantagens competitivas, conforme a Figura 7:



FIGURA 7 – Espiral do Conhecimento (Adaptado de NONAKA e TAKEUCHI, 1995)

2.1.4 Gestão do Conhecimento

A Gestão do Conhecimento é definida como a capacidade com a qual uma empresa cria, dissemina e incorpora o conhecimento adquirido ou gerado a seus produtos, serviços e sistemas, sendo uma das principais fontes de vantagem competitiva sustentável, em vista dos ambientes cada vez mais competitivos (NONAKA e TAKEUCHI, 1997; PROBST, RAUB e ROMHARDT, 2002; BOLLINGER e SMITH, 2001; ADAMS e FREEMAN, 2000; ROWLEY, 1999; SVEIBY, 1997; CHEN e LIANG, 2011; WU, 2012).

Li e Gao (2003) afirmam que a abordagem de Nonaka e Takeuchi (1997) não leva em consideração o real nível do conhecimento tácito presente nas empresas. Assim, a criação do conhecimento deve primeiro ocorrer com a transferência de conhecimentos prévios entre os indivíduos, de forma que se criem novos conceitos e inovações, este processo sendo apoiado pela aprendizagem contínua acarreta em vantagens competitivas, a Figura 8 ilustra este processo.



FIGURA 8 – Criação do Conhecimento (LI e GAO, 2003)

Já para Davenport e Prusak (1998), a GC é um conjunto de processos que apoia o ambiente organizacional no processo de geração do conhecimento, de seu registro e de sua transferência. Mowery (2010) define que a GC pode parecer algo simples, porém, seu entendimento e o de seus processos afetam diretamente a criação, comunicação, distribuição e exploração dos conhecimentos, bem como, estratégias corporativas, de mercado, de produtos, tecnologias e práticas de gestão.

Assim, a utilização da GC, na busca por vantagens competitivas, reflete no processo estratégico de tomada de decisão, pois sua aplicação frente a concorrentes, clientes, canais de distribuição e ciclos de vida de produto e serviço, captura novos conhecimentos incorporando constantemente valor à organização (DAVENPORT e PRUSAK, 1998; PADMA; BALASUBRAMANIE, 2009; RANTAPUSKA; IHANAINEN, 2008; NICOLAS, 2004; COURTNEY, 2001; METAXIOTIS *et al.*, 2003; HOLSAPPLE, 2001; NGA *et al.*, 2012; YOON, 2012).

Dessa maneira, em diversos estudos da GC, podem-se observar duas perspectivas principais: a perspectiva técnica e a perspectiva orientada para as pessoas. A perspectiva técnica tem foco na captura, processamento e disseminação do conhecimento por meio da gestão de bases de dados e codificação do conhecimento tácito.

Já na perspectiva orientada para as pessoas, o objetivo é promover compartilhamento de conhecimentos, por meio da aplicação de técnicas de treinamento e socialização, conhecidas como comunidades de prática, desenvolvendo fatores socioculturais, determinantes para o sucesso ou o fracasso de aplicação voltadas para a GC. (HOLTSHOUSE, 1998; TEECE, 1998; WENGER, 1998; VON KROGH, 1998; NONAKA e TOYAMA, 2003; YANG, 2004).

Nos trabalhos de Booker *et al.* (2008) e Fell *et al.* (2008), foi realizado um levantamento sobre as principais pesquisas e abordagens sobre GC utilizadas, conforme observado no Quadro 6.

QUADRO 6 – Principais abordagens sobre GC (Booker *et al.*, 2008; Fell *et al.*, 2008)

Nonaka e Takeuchi (1997)	
Conceito	a GC é o processo de criação de novos conhecimentos, disseminando-os na organização e incorporando-os em novos produtos/serviços, tecnologias e sistemas, perpetuando a mudança no interior da organização.
Modelo	espiral do conhecimento, a distinção entre conhecimento tácito e explícito, bem como, a preocupação com o conhecimento organizacional em oposição à criação do conhecimento individual.
Criação do conhecimento	intenção organizacional, autonomia, flutuação e caos criativo, redundância e requisito variedade.
Fases do processo de criação	compartilhar conhecimento tácito, criar conceitos, justificar conceitos, construir um arquétipo, nivelar conhecimento, compartilhamento por meio de metáforas e analogias, redundância, experiência.
Davenport e Prusak (1998)	
Conceito	a gestão do conhecimento é composta do conjunto de processos que buscam apoiar no ambiente organizacional a geração do conhecimento, seu registro e sua transferência.
Modelo	separação entre dados, informação e conhecimento. Transformação da informação em conhecimento: é possível por meio da comparação, consequências, conexão e conversação. Geração de conhecimento dentro das empresas: aquisição, dedicação de recursos, fusão, adaptação e <i>networks</i> (rede).
criação do conhecimento	conversão do conhecimento tácito – mapeamento, modelagem, tecnologia, transformar conhecimento implícito em explícito.
Fases do processo de criação	codificação e coordenação do conhecimento: – dispor o conhecimento organizacional de maneira tal que o torne acessível para os que dele precisarem; Transferência de conhecimento – Transferência = transmissão + absorção (e uso).

QUADRO 6 – Principais abordagens sobre GC – continuação (Booker *et al.*, 2008; Fell *et al.*, 2008).

Sveiby (1997)	
Conceito	a gestão do conhecimento pode ser entendida como a arte de criar valor a partir do uso eficiente dos ativos intangíveis de uma organização.
Modelo	níveis de percepção que caracterizam o processo de gestão do conhecimento em duas perspectivas; perspectiva individual que inclui as motivações e as capacidades dos indivíduos e a perspectiva organizacional que inclui os recursos e as competências essenciais das organizações.
criação do conhecimento	“monitor de ativos intangíveis” apoiada em 3 áreas âncoras – crescimento e renovação; eficiência e estabilidade.
Fases do processo de criação	os ativos intangíveis podem ser classificados em três grupos: a) competência dos funcionários, b) estrutura c) estrutura externa; Transmissão – as pessoas são o único agente de mudanças e todos os demais ativos são resultados da ação humana. A transmissão ocorre por meio da informação: indireta por meio de veículos (palestras, treinamentos, etc.) e da tradição: direta, pessoa a pessoa, experiência, comunicação;
Stewart (1997)	
Conceito	capital intelectual é material intelectual: Conhecimento, informação, propriedade intelectual, experiência – que pode ser colocada para uso de criar riqueza.
Modelo	afirma que as organizações baseadas na criação do conhecimento organizacional fazem uso intensivo do conhecimento, substituindo seus estoques tradicionais por informações, assumindo três formas: capital humano (CH); capital do cliente (CC); capital estrutural (CE).
criação do conhecimento	o conhecimento tácito precisa se tornar explícito; o que não foi dito, precisa ser falado em voz alta. Caso contrário ele não pode ser examinado, melhorado ou compartilhado.
Fases do processo de criação	a organização deve utilizar seus estoques de conhecimento de maneira a incorporá-los em seus processos entregando o maior valor possível para o cliente.

QUADRO 6 – Principais abordagens sobre GC – continuação (Booker *et al.*, 2008; Fell *et al.*, 2008).

Terra (1999)	
Conceito	a GC é um esforço para fazer com que o conhecimento de uma organização esteja disponível para aqueles que dele necessitem, quando, onde e na forma como se faça necessário, com o objetivo de aumentar o desempenho humano e organizacional.
Modelo	especifica sete dimensões por meio da prática gerencial a partir das quais pode ser entendida a GC: dimensão 1: fatores estratégicos e o papel da alta administração; dimensão 2: cultura e valores organizacionais; dimensão 3: estrutura organizacional; dimensão 4: administração de recursos humanos; dimensão 5: sistemas de informação; dimensão 6: mensuração de resultados; dimensão 7: aprendizado com o ambiente.
Choo (2003)	
Conceito	é o que torna a organização bem informada, capaz de percepção e discernimento, o que lhe conferem uma vantagem, permitindo-lhe agir com inteligência, criatividade e, ocasionalmente, com esperteza. No coração da organização do conhecimento está a administração dos processos de informação, que constituem a base para criar significado, construir conhecimento e tomar decisões
Modelo	os métodos de criação do significado são: Interpretação, seleção e retenção; processo de conhecimento nas organizações – conhecimento tácito, conhecimento explícito e conhecimento cultural;
criação do conhecimento	novos conhecimentos são criados pela conversão do conhecimento, pela construção do conhecimento e pela conexão do conhecimento
Fases do processo de criação	como as organizações usam a informação – destaca três arenas distintas onde a criação e o uso da informação desempenha um papel estratégico no crescimento e na capacidade de adaptação da empresa: a) Criar significado; b) Construir Conhecimento; c) Tomar Decisões

Em análise aos modelos e conceitos vistos no Quadro 6, observa-se um alinhamento com relação ao objetivo e a aplicação da GC, o processo comum é a localização e captura do conhecimento, seguido pela transferência e compartilhamento, acarretando na criação e utilização de novos conhecimentos, este o processo de iniciativas ligadas a GC, é mostrado pela Figura 9 (HOEGL e SCHULZE, 2005; VON KROGH, 2000).

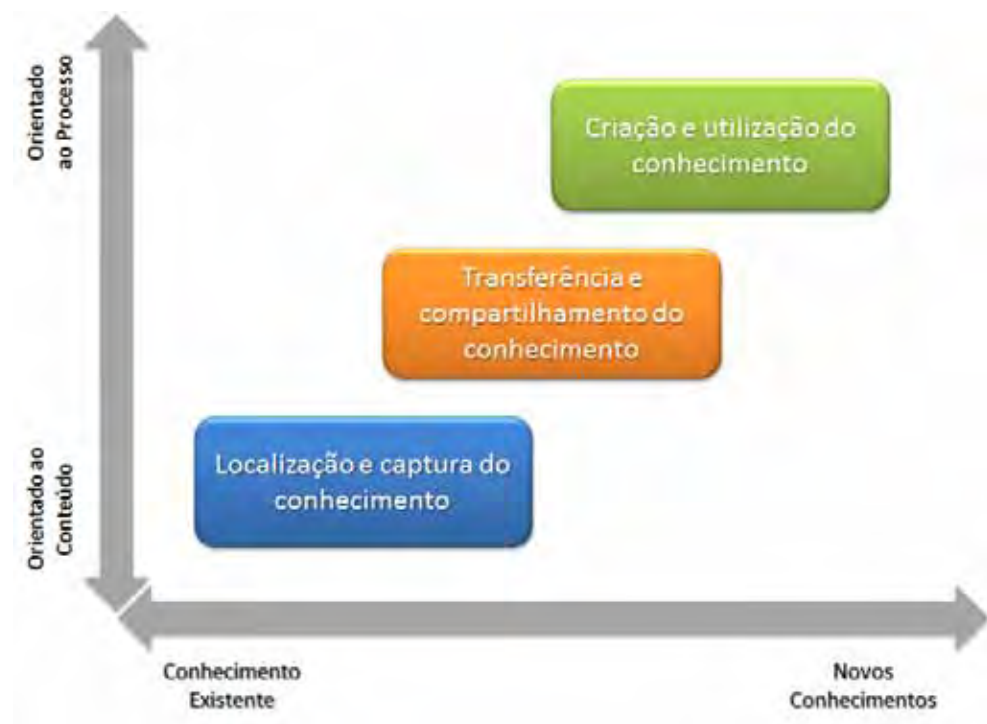


FIGURA 9 – Iniciativas de atividades de GC (Adaptado de VON KROGH *et al.*, 2000)

Alinhado ao processo de iniciativas ligadas a GC, Takeuchi e Nonaka (2008), Nonaka e Von Krogh (2009), Mehrabani e Shjari (2012) afirmam que mais importante do que o conhecimento existente em uma organização é a capacidade efetiva de aplicar estes conhecimentos na criação de novos conhecimentos, gerando inovações e vantagens competitivas de modo contínuo, fato este percebido em todos os modelos apresentados no Quadro 6.

Já Probst, Raub e Romhardt (2002) e Chi *et al.* (2012), afirmam que para gerir de forma eficiente o conhecimento são necessários métodos que influenciem os ativos intelectuais da organização a fim de orientar esta gestão e promover seu desenvolvimento, definindo-se para tanto seis processos essenciais para promover a gestão do conhecimento nas organizações, conforme o Quadro 7.

QUADRO 7 – Os processos essenciais da Gestão do Conhecimento (PROSBST, RAUB e ROMHARDT, 2002)

Identificação do Conhecimento	Analisar e descrever o ambiente de conhecimento da empresa, assegurando a transparência interna e externa das informações.
Aquisição do Conhecimento	Captar conhecimento do meio externo, através de clientes, fornecedores, concorrentes, etc., ou também comprar conhecimento através do recrutamento de especialistas.
Desenvolvimento do Conhecimento	Gerar novas habilidades, ideias, processos e produtos captados através do processo criativo.
Distribuição do Conhecimento	É o processo de compartilhar o conhecimento que já se encontra presente na organização, devem ser observadas duas questões-chave: Quem deve saber quanto sobre o que, ou ser capaz de fazer o que e em que nível? Como podemos facilitar o compartilhamento e a distribuição do conhecimento?
Utilização do Conhecimento	Aplicar e desenvolver habilidades e ativos de conhecimento plenamente em benefício da organização.
Retenção do Conhecimento	É o processo de selecionar, armazenar e atualizar o conhecimento regularmente, através de experiências, documentos e informações.

Portanto a principal contribuição deste tema à pesquisa de tese é permitir ao pesquisador uma maior compreensão das práticas e modelos existentes do conhecimento nas organizações. Permitiu também analisar de maneira mais criteriosa a criação de um ambientes voltados à geração, utilização e retenção de conhecimento. Em consequência o conceito da Aprendizagem Organizacional surgiu como um facilitador deste processo, pois, auxilia na de identificação do conhecimento. Assim, no tópico seguinte têm-se a definição e descrição de seus principais conceitos e práticas.

2.2 Aprendizagem Organizacional

Uma organização voltada para a aprendizagem pode ser entendida como uma organização que desenvolve habilidades estratégicas para competir em mercados modernos. Assim, a aprendizagem organizacional se caracteriza como uma capacidade dinâmica que fornece às organizações formas de implementação de ações estratégicas flexíveis que permitem a melhoria do desempenho contribuindo para a obtenção de vantagens competitivas (VIJANDE *et al.*, 2012).

Gerindo corretamente a aplicação dessas capacidades dinâmicas a aprendizagem organizacional cria um ambiente organizacional favorável ao conhecimento, o que permite uma melhor compreensão deste, por meio da criação de mecanismos que melhoram o conhecimento funcional e ambiental, além de incentivar a troca de conhecimentos interpessoais, acarretando em mudanças de comportamento que geram impacto na cultura organizacional (MORALES *et al.*, 2012; VIJANDE *et al.*, 2012; YANG e LAI, 2012; YAO *et al.*, 2013).

A aprendizagem organizacional e a gestão do conhecimento são conceitos interligados, pois o conhecimento é à base da aprendizagem, e sua interação ocorre dentro de um processo de reforço mútuo, pois, do ponto de vista do processo, serão produzidos novos conhecimentos e novos conteúdos que incrementam o capital intelectual com foco na busca pela excelência organizacional, o que acarretará em um impacto no processo de aprendizagem futura da empresa, prevenindo a perda de recursos intelectuais e acelera o ritmo de inovação, tornando-a mais competitiva e propensa ao sucesso (STEIL; PACHECO, 2008; LIAO; CHANG; WU; 2010; CHAWLA e JOSHI, 2011).

Contudo, uma definição clara da abordagem ou classificação mais apropriada com relação ao desenvolvimento da aprendizagem organizacional ainda é discutida, sendo que uma das primeiras classificações foi desenvolvida por Shrivastava (1983), a que oferece uma classificação alicerçada em quatro perspectivas diferentes de aprendizagem:

- Aprendizagem adaptativa: lida com regras e procedimentos operacionais e padrões;
- Compartilhamento de suposições: trata de cognições e teorias em uso;
- Desenvolvimento da base de conhecimento: lida com conhecimento e informação;
- Efeitos de experiências institucionalizadas: trata de mudanças e comportamento.

Já Guimarães *et al.* (2001), definem que o processo de aprendizagem ocorre por meio de conjunto de etapas, muito semelhante ao processo de gestão do conhecimento, que se inicia na identificação dos conhecimentos de que a organização necessita, na aquisição e desenvolvimento desses conhecimentos, na sua estruturação, disseminação, uso e incorporação no processo produtivo, com o objetivo de gerar vantagens competitivas.

Fleury e Oliveira Jr. (2001) definem que é por intermédio do processo de aprendizagem, o qual está intimamente ligado à gestão do conhecimento nas empresas, que se podem desenvolver as competências necessárias ao posicionamento estratégico. Com isso, o processo de aprendizagem organizacional pode ocorrer em três níveis:

- Nível individual: lida com as emoções positivas ou negativas do indivíduo.
- Nível do grupal: processo social compartilhado pelos indivíduos que compõem os diferentes grupos dentro da organização.
- Nível da organizacional: a partir dos processos de aprendizagem individual e de partilha entre grupos tornam-se institucionalizado, expressando-se em estruturas, regras, procedimentos e elementos simbólicos, as organizações desenvolvem uma memória com capacidade de reter e recuperar informações.

Mas o trabalho de Argyris (1991) analisa a aprendizagem organizacional como um processo de externalização, compreensão e alteração dos modelos mentais dos indivíduos. A AO é organizada em torno de dois principais métodos (MARCH, 1991; ARGYRIS e SCHON, 1996; COOPEY, 1996; FOX-WOLFGRAMM *et al.*, 1998; WEICK e WESTLEY, 1996; MINER e MEZIAS, 1996):

- *single-loop*: constituída na aquisição de novas capacidades comportamentais por meio de percepções já existentes;
- *double-loop*: ocorre quando as organizações adquirem novas capacidades comportamentais as quais diferem das já ideias existentes, baseando-se na exploração, descoberta, variação, eficácia, flexibilidade e inovação do conhecimento.

Dessa forma, deve-se buscar o favorecimento da mudança de contextos dentro da organização, sendo estes mutuamente construídos, permitindo uma apreciação dinâmica da mesma. Por consequência, a aprendizagem organizacional permite ambas as formas de aprendizado, “*single*” e “*double*”, em estágios diferentes de desenvolvimento, a fim de manter

um crescimento constante da organização (BURNS e STALKER, 1961; WEICK e WESTLEY, 1996; ROWLEY, 1999; HANSEN *et al.*, 2001; CLEGG *et al.*, 2005).

2.2.1 A Aprendizagem nas Organizações

Bastos (2002) observa que o início da conceituação da AO ocorreu somente na década de 70, atingindo seu pico da década de 90, perdurando ainda hoje. O autor ressalta ainda que na década de 90 a aprendizagem foi um dos temas mais pesquisados nos estudos organizacionais.

Contudo, vários autores como Pedler, Burgoyne e Boydell (1991), Argyris e Schön (1996), Edmondson (1996) e Mintzberg (1998) observam que não há um consenso a respeito de um marco histórico que revele sobre o desenvolvimento da aprendizagem nas organizações.

Com isso, percebe-se um grande interesse no desenvolvimento da literatura sobre o tema, por outro lado, Villardi e Leitão (2000) e Antonello (2002) afirmam que tal literatura é demasiada fragmentada e não possui um direcionamento claro, além de não possuir uma sistematização técnica suficiente para assumir status de conhecimento científico.

Portanto nota-se que alguns autores entendem a aprendizagem organizacional como um processo, enquanto outros a veem como um resultado. O Quadro 8 lista algumas definições relevantes sobre o tema.

QUADRO 8 – Principais conceitos acerca da Aprendizagem Organizacional (RIBEIRO e STANO, 2010)

Autor	Definição
Argyris (1977)	É o processo de detecção e correção de erros.
Fiol; Lyles (1985)	É o processo de aperfeiçoamento das ações por meio de aumento do conhecimento e da compreensão.
Levitt; March (1988)	É o resultado de um processo de codificação de inferências baseadas na história em rotinas de orientação do comportamento da organização.
Huber (1991)	Uma organização aprende quando ela aumenta a probabilidade de que suas ações futuras promovam um acréscimo de desempenho.
Stata (1989)	O aprendizado ocorre por meio do compartilhamento de ideias, conhecimentos e modelos mentais, fundamentando-se no conhecimento e experiências do passado.

QUADRO 8 – Principais conceitos acerca da Aprendizagem Organizacional (RIBEIRO e STANO, 2010)

Autor	Definição
Kim (1993)	Aprendizagem Organizacional é definida como o incremento da capacidade organizacional de realizar uma ação efetiva.
Probst; Buchel (1997)	Aprendizagem Organizacional é o processo pelo qual o conhecimento e os valores básicos de uma organização mudam, buscando o aprimoramento da habilidade de solução de problemas e da capacidade de ação.
Fleury; Fleury (1997)	A aprendizagem é um processo de mudança, resultante de prática ou experiência anterior, no qual pode ocorrer ou não uma modificação perceptível no comportamento.

Argyris e Schon (1996), Easterby-Smith e Araújo (2001) observam que existem duas vertentes quanto ao foco dos estudos sobre aprendizagem. O primeiro a aprendizagem organizacional, concentra-se na observação e na análise do processo de aprendizagem e desaprendizagem dentro das organizações. Já o segundo, a organização de aprendizagem, concentra-se no desenvolvimento de metodologias e métodos para a criação de mudanças.

Essa divisão no foco dos estudos contribui sensivelmente à pesquisa científica, pois, permite investigar os limites, possibilidades e lacunas de todas as vertentes, possibilitando a partir delas, sugerir reflexões para o desenvolvimento real de um referencial teórico consolidado.

2.2.2 Organizações de Aprendizagem

Uma organização de aprendizagem, termo em português para *learning organizations* criado por Peter Senge em 1998, é uma organização hábil em criar, adquirir, transferir e modificar seu comportamento para refletir o novo conhecimento (GARVIN, 1993). Pedler *et al.* (1991) definem a organização de aprendizagem como "uma organização que facilita o aprendizado de todos seus membros e continuamente se transforma". As principais características que identificam esse tipo de organização são:

- Processo de aprendizado para construção da estratégia;
- Formulação de política participativa;
- Tecnologia de informação para aumentar o poder dos funcionários;

- Compartilhamento de informações internas;
- Formas de premiação flexível;
- Estruturas facilitadoras com funcionários de fronteira como observadores do ambiente externo;
- Aprendizado entre organizações,
- Clima de aprendizado e oportunidades de autodesenvolvimento para todos.

Senge (1998) define a Organização de Aprendizagem como um ambiente onde as pessoas expandem continuamente sua capacidade de criar os resultados, estimulam novos e abrangentes padrões de pensamento e pessoas aprendem continuamente a aprender juntas.

Sendo que qualquer mudança organizacional, para que seja significativa, somente será possível mediante as profundas mudanças de mentalidade, então, o desenvolvimento das capacidades e habilidades individuais, permitirá aos indivíduos criarem novas percepções e sensibilidades em relação ao ambiente que os cercam.

Senge (1998) conceituou cinco disciplinas básicas que devem ter seu ciclo de aprendizado ativado para que ocorra o desenvolvimento:

- Domínio pessoal: o foco desta disciplina é o indivíduo, a busca pelo autoconhecimento, ele aprenderá a expandir suas capacidades pessoais, aprofundando suas visões pessoais, concentrando esforços, desenvolvendo sua paciência. Dessa forma, obtendo os resultados desejados, criando um ambiente empresarial que estimulará todos os participantes a alcançar as metas escolhidas;
- Visão compartilhada: é função dos líderes tornar concretos os objetivos da organização, desenhando imagens do futuro, de modo que as pessoas dediquem-se não por obrigação, mas por comprometimento e vontade própria, assim permitindo que este futuro se torne realidade;
- Modelos mentais: é o prisma através do qual a realidade é percebida. É um sistema de valores baseado nas descobertas pessoais, influenciadas por experiências familiares, sociais e culturais. Estes determinam a maneira como os indivíduos avaliam, refletem, priorizam, julgam e agem frente à realidade. Portanto, esclarecer e melhorar continuamente os modelos mentais ajuda a melhorar o modo de como a organização será gerida;

- **Aprendizado em equipe:** visando alcançar a ação coordenada, o aprendizado em equipe une as aptidões coletivas ao pensamento e à comunicação. Desenvolvendo nestes grupos inteligência, diálogo, proposição de ideias de forma que eles possam participar da elaboração de uma lógica comum, obtendo assim capacidades de trabalho maiores que a simples soma dos talentos individuais;
- **Pensamento sistêmico:** é a pedra fundamental das organizações de aprendizagem, pois, o pensamento sistêmico se integra às demais disciplinas por meio de um modelo conceitual. Neste há instrumentos que visam melhorar continuamente os processos de aprendizagem, tornando as ações de aprendizado inter-relacionadas às demais disciplinas.

Assim, a Organização de Aprendizagem objetiva a constante criação e disseminação do conhecimento organizacional por meio de métodos que facilitem a transformação do conhecimento tácito em explícito, além de promover mudança de comportamentos tanto individual quanto organizacional, criando uma cultura organizacional favorável à flexibilidade e adaptável às mudanças do ambiente externo (SILVEIRA, 2004; ŠKERLAVAJ; SONG; LEE, 2010). Para elucidar os conceitos de aprendizagem no contexto das organizações Machado *et al.* (2001), desenvolveram um comparativo, Quadro 9, entre os paradigmas de uma organização com orientação clássica e uma orientada ao aprendizado.

QUADRO 9 – Comparativo entre Organizações (Machado *et al.*, 2001)

Organização Clássica	Organização que Aprende
Concentra-se nos processos.	Concentra-se nas pessoas equilibrando o interesse de todos os envolvidos.
Funcionários Reativos.	Funcionários Proativos.
Aprendizagem restrita e baseada na execução.	Aprendizagem é incentivada em todos os níveis e processos.
Compartilha a resolução de problemas (Desmembramento e Resolução por Partes).	Abordagem holística dos problemas, onde os acontecimentos são abordados sistematicamente.
Restringe o fluxo de informações.	Comunicação aberta.
Competição Individualizada.	Trabalho em equipe.
Líderes controladores.	Líderes acessíveis.

QUADRO 9 – Comparativo entre Organizações (Machado *et al.*, 2001)

Organização Clássica	Organização que Aprende
Salários baseados em tempo de execução e índices de eficiência.	Salário baseado em tomadas de risco, aprendizado e melhoria contínua, flexibilidade e a outros comportamentos que uma organização que aprende requer.
Possui como características uma estrutura hierárquica rígida e formada por vários níveis	Possui estrutura permeável e flexível no sentido de maximizar o fluxo de informações, promovendo maior proximidade e abertura entre a gerência, os empregados, os clientes, os concorrentes e a comunidade.
Avaliação do trabalho de forma rígida, com supervisores.	Avaliação baseada em habilidade, competência e iniciativas de aprendizagem.
Sistema de Recompensa por quantidade produzida	Sistema de recompensa voltado para reconhecimento e esforço da aprendizagem
Ambiente Estático.	Ambiente em constantes e contínuas mudanças.

2.2.3 Organizational Learning Survey

Para avaliar a capacidade de aprendizagem de uma organização Goh e Richard (1997) desenvolveram um protocolo de pesquisa denominado *Organizational Learning Survey* (OLS). Este protocolo foi selecionado devido sua relevância e utilização na literatura (GOH e RICHARDS, 1997; GOH, 1998, GOH e RYAN, 2002; CHAN, 2002; GOH *et al.*, 2007); por identificar as cinco principais dimensões que agrupam as melhores características e práticas de gestão, consideradas essenciais para o desenvolvimento da aprendizagem organizacional.

As dimensões são descritas abaixo:

- Claridade da finalidade e da missão: A organização como um todo necessita ter uma finalidade claramente definida, para que se compreenda a forma a qual cada indivíduo contribui com seu trabalho para a realização da missão da organização;
- Compromisso e *Empowerment* da liderança: Os líderes são considerados um elemento essencial para promover o clima de aprendizagem, eles devem criar um clima de confiança e de aproximação entre os indivíduos, incentivar a busca pelo conhecimento e demonstrar que as falhas são uma parte do processo de aprendizagem;

- Experimentação e recompensas: A estrutura e os sistemas devem suportar e promover oportunidades para a experimentação de novas ideias de trabalho e processos inovadores;
- Transferência do conhecimento: As informações adquiridas e distribuídas devem relacionar-se aos problemas e as oportunidades da organização, para transferir o conhecimento através dos limites departamentais para o ambiente externo;
- Solução de problemas e trabalho em grupo: As estruturas e os sistemas na organização devem incentivar o trabalho em grupo para solucionar problemas com autonomia, reduzindo a dependência destes na gerência superior.

Dessa forma, este protocolo será a base para o desenvolvimento do indicador multivariado, ele apresenta uma abordagem sócio-comportamental para a identificação de práticas de aprendizagem, sua estrutura é composta pelas cinco dimensões supracitadas, distribuídas em 20 questões medidas em uma escala discreta de *Likert*, em conformidade com os principais métodos de diagnóstico em AO/GC observados no Quadro 1.

Em vista de tais características, faz-se necessário identificar qual a medida de associação é mais adequada para se avaliar este tipo de protocolo, de maneira que o indicador multivariado seja adequado à utilização de dados ordinais, sem violar o princípio estatístico da homoscedasticidade.

No tópico a seguir serão apresentadas as principais medidas de associação entre variáveis, o Coeficiente de Correlação amostral de Pearson, os Coeficientes de Correlação de Kendall e Spearman, bem como o Coeficiente de Correlação Policórica por Máxima Verossimilhança.

2.3 Análises Correlacionais

2.3.1 Coeficiente de Correlação de Pearson

O Coeficiente de Correlação amostral de Pearson é uma medida que avalia a associação entre duas variáveis contínuas e, provavelmente, a mais utilizada para descrever uma relação entre duas variáveis (CHEN e POPOVICH, 2002).

$$r = \frac{S_{ij}}{S_i S_j} \quad (1)$$

A equação (1) explicita o cálculo de r de Pearson, onde S_{ij} representa a covariância entre as variáveis, S_i e S_j , representam respectivamente os desvios-padrão das amostras dessas variáveis. Os valores obtidos para r Pearson variam entre -1 e 1, sendo que o sinal de r representa a direção da associação, enquanto que o valor absoluto de r representa a força de associação linear. Quanto mais próximo r é a -1 ou 1, mais forte é a associação linear, ou mais interdependente são as duas variáveis. Valores positivos de r representam uma associação positiva entre duas variáveis, enquanto que valores negativos de r representam uma associação negativa (GREEN e SALKIND, 2005; VITO e BLANKENSHIP, 2002).

2.3.2 Coeficiente de Correlação de Spearman

O coeficiente de correlação de Spearman é uma medida não paramétrica que avalia a associação usando dois conjuntos de escores classificados de duas variáveis (KENDALL e GIBBONS, 1990). Semelhante ao r de Pearson, a gama de ρ Spearman também é de -1 a 1, mas não exige que as duas variáveis sejam linearmente relacionadas, e também não assume que as variáveis sejam medidas em escalas intervalares ou de razão. De acordo com Kendall e Gibbons (1990), o coeficiente de correlação de Spearman pode ser escrito como:

$$\rho = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n d_i^2}{n^3 - n} \quad (2)$$

O coeficiente pode ser calculado pela equação (2), onde d_i é i -ésima diferença entre cada escala de valores correspondentes das variáveis a serem associadas, e n é o número de pares de valores. Este método só é aplicado quando existe diferença entre escalas de valores das variáveis associadas, entretanto, quando estes valores são relacionados, ou seja, quando estão “empatados” o r de Pearson pode ser utilizado (CHEN e POPOVICH 2002; KENDALL e GIBBONS 1990).

2.3.3 Coeficiente de Correlação de Kendall

O coeficiente de correlação de Kendall é também uma medida não paramétrica de associação que mede e representa o grau de semelhança entre dois conjuntos de escalas dos dados ordinais. Ele calcula, equação (3), o número de pares concordantes e do número de discordante pares, e pode ser definido pela equação (3) (CHEN e POPOVICH 2002, KENDALL e GIBBONS 1990).

$$\tau = \frac{2(P-Q)}{n(n-1)} \quad (3)$$

Na equação (3), P é o número de pares concordantes, ou seja, os pares de dados bivariados como, por exemplo, (x_1, y_1) e (x_2, y_2) , tal que o sinal de $x_2 - x_1$ seja igual ao sinal de $y_2 - y_1$; Q é o número de pares discordantes, ou seja, pares de dados bivariados (x_1, y_1) e (x_2, y_2) , tal que o sinal de $x_2 - x_1$ é igual ao sinal oposto do $y_2 - y_1$, e n é o número de pares. No caso de haver $x_i = x_j$, ou $y_i = y_j$, ou ambos, a comparação é chamada de "empate", assim, não são contados como concordantes ou discordantes. Portanto, recomenda-se usar outros tipos de medidas, como r de Pearson e ρ de Spearman.

Ao contrário do r de Pearson, opções de análises correlacionais ρ Spearman e τ Kendall são limitadas quando se observa além de simples medidas de associação. Embora ambas as medidas considerem escalas de variáveis ordinais, elas também diferem na forma como são computadas e interpretadas.

Por exemplo, ρ Spearman pode ser interpretado como a proporção de variabilidade de uma escala de dados, enquanto τ Kendall pode ser interpretado como a probabilidade de pares de dados concordarem contra a probabilidade de que esses pares de dados discordem.

2.3.4 Coeficiente de Correlação Policórica

De modo a melhor descrever o processo de obtenção da Correlação Policórica por Máxima Verossimilhança, primeiramente se faz necessário uma breve descrição de dois métodos importantes para sua compreensão, que se seguem.

2.3.4.1 Estimador de Máxima Verossimilhança

Segundo Montgomery (2007), um dos melhores métodos para se obter um estimador de parâmetros é o método da máxima verossimilhança, cujo objetivo é identificar o parâmetro que maximiza a função de verossimilhança, ou seja, o parâmetro que representa o melhor comportamento possível de uma determinada população.

Dessa forma, considere uma população e uma variável aleatória X , relacionada a essa população, com função de probabilidade (se X é uma variável aleatória discreta) ou função densidade de probabilidade (se X é contínua) $f(x, \theta)$, sendo θ o parâmetro desconhecido.

Uma amostra aleatória de X , de tamanho n , $X_1, \dots, X_n$, e sejam $X_1, \dots, X_n$ valores efetivamente observados. Dessa forma, a função de verossimilhança L é definida pela equação (4).

$$L(\theta; x_1, \dots, x_n) = f(x_1; \theta) \times \dots \times f(x_n; \theta) = \prod_{i=1}^n f(x_i; \theta) \quad (4)$$

Se X é uma variável discreta com função de distribuição $p(x, \theta)$, a função de verossimilhança é dada pela equação (5), que deve ser interpretada como uma função de θ , onde o estimador de máxima verossimilhança de θ é o valor que maximiza $L(\theta; X_1, \dots, X_n)$.

$$L(\theta; x_1, \dots, x_n) = p(x_1; \theta) \times \dots \times p(x_n; \theta) = \prod_{i=1}^n p(x_i; \theta) \quad (5)$$

Assim, seja X uma variável aleatória com distribuição Bernoulli (p), toma-se uma amostra aleatória $X_1, \dots, X_n$, têm-se a função de probabilidade de X , conforme equação (6).

$$f_p(x) = p^x (1-p)^{1-x} \quad (6)$$

Dessa forma, a função de verossimilhança é dada pela equação (7):

$$L(p; x_1, \dots, x_n) = \prod_{i=1}^n p^{x_i} (1-p)^{1-x_i} = p^{\sum_{i=1}^n x_i} (1-p)^{\sum_{i=1}^n (1-x_i)} \quad (7)$$

Para encontrar o estimador de máxima verossimilhança para p , deve-se encontrar o valor de p para o qual a função de verossimilhança $L(p; X_1, \dots, X_n)$ é máxima, assim, aplica-se a função logaritmo natural ($\ln$) na função de verossimilhança, o resultado é expresso pela equação (8).

$$\ln L(p; x_1, \dots, x_n) = \sum_{i=1}^n x_i \ln(p) + \sum_{i=1}^n (1-x_i) \ln(1-p) \quad (8)$$

Derivando em relação à p , têm-se a equação (9).

$$\frac{d \ln L(p, x_1, \dots, x_n)}{dp} = \frac{(1-p) \sum_{i=1}^n x_i - p \sum_{i=1}^n (1-x_i)}{p(1-p)} \quad (9)$$

Igualando o resultado a zero, têm-se a equação (10).

$$\frac{(1-\hat{p})\sum_{i=1}^n x_i - \hat{p}(\sum_{i=1}^n 1-x_i))}{\hat{p}(1-\hat{p})} = 0 \Leftrightarrow \hat{p}' = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \bar{x} \quad (10)$$

Portanto, $\bar{x}$ é a melhor estimativa possível para $\hat{p}$.

Das demonstrações anteriores, decorre que a o estimador de máxima verossimilhança depende intrinsecamente da função densidade de probabilidade da variável aleatória de interesse. Analogamente, se a escala e as respostas de um questionário *Likert* puderem ser considerados como uma generalização da distribuição binomial $\text{Bin} \sim (n, p)$, então, os estimadores de máxima verossimilhança para esta variável será desenvolvido a partir de uma Distribuição Multinomial, considerando-se que uma escala *Likert* pode ter entre 5 e 9 categoriais, geralmente.

2.3.4.2 Distribuição Multinomial

A Distribuição de Multinomial, segundo Montgomery (2007), pode ser definida como uma generalização da Distribuição Binomial. Nesta distribuição consideram-se apenas dois tipos de categoria, como por exemplo, “peças defeituosas” e “peças não defeituosas”, já na distribuição multinomial, consideram-se mais categorias, dessa forma, têm-se um experimento dividido em n ensaios independentes, no qual cada ensaio resulta em um número finito k de valores possíveis com probabilidades $p_1, p_2, \dots, p_k$ (de modo que $p_i \geq 0$, para $i = 1, \dots, k$ e $\sum_{i=1}^k p_i = 1$).

Tomando a variável aleatória x_i que representa o número de vezes que o índice i foi observado nos n ensaios, o vetor $x = (x_1, \dots, x_k)$ segue uma distribuição multinomial com parâmetros n e p onde $p = (p_1, \dots, p_k)$.

Com isso, a distribuição de probabilidade é dada pela equação (11).

$$P(X_1 = n_1, \dots, X_k = n_k) = \frac{n!}{n_1! \times \dots \times n_k!} \times p_1^{n_1} \times p_2^{n_2} \times \dots \times p_k^{n_k} \quad (11)$$

Assim, se $X \sim \text{Multi}(n, p_1, \dots, p_k)$ então sua função geradora de momento é dada pela equação (12):

$$M_x(t) = E[e^{tX}] = \sum_x e^{tx} P[X = x] = \sum_{j_1}^n \dots \sum_{j_k}^n e^{tj_1} \dots e^{tj_k} \frac{n!}{j_1! \dots j_k!} p_1^{j_1} \dots p_k^{j_k} = \left(\sum_{i=1}^k p_i e^{t_i} \right)^n \quad (12)$$

O valor esperado do número de vezes em que o índice observado é dado pela equação (13) e a variância pela equação (14):

$$E(X_i) = np_i \quad (13)$$

$$Var(X_i) = np_i(1 - p_i) \quad (14)$$

Assim, o coeficiente de correlação policórica descrito a seguir, pode ser considerado como uma generalização dos conceitos supracitados, ou seja, é o estimador que melhor representa a relação existente entre variáveis discretas observadas em uma distribuição multinomial.

2.3.4.3. Coeficiente de Correlação Policórica por Máxima Verossimilhança

Karl Pearson, em 1901, propôs pela primeira vez correlação policórica como medida de associação de variáveis ordinais, mas foi somente em 1922 que pôde elaborar uma generalização do método original. Tal generalização foi denominada “coeficientes de correlação policóricas” (PEARSON, 1901).

Olsson, em 1979, desenvolveu um trabalho sobre a estimativa do coeficiente de correlação policóricas por máxima verossimilhança (CPMV), surgindo um ponto de partida para futuros desenvolvimentos na literatura (OLSSON, 1979). Dessa forma, para melhor compreender esse processo, assumem-se as variáveis ordinais x e y . A variável x possui s categorias e y possui r categorias. A amostra e a distribuição de frequência dessas variáveis são expressas pela Tabela 1. Em seguida, assume-se que x e y correspondem a duas variáveis latentes ξ e η que têm distribuição bivariada normal.

TABELA 1 – Montagem de uma tabela de contingência (MULAİK, 2009)

	η		b_1	b_2	...	b_{r-1}
ξ	y x	1	2	3	...	r
	1	n_{11}	n_{12}	n_{13}	...	n_{1r}
a_1	2	n_{21}	n_{22}	...	...	n_{2r}
a_2	3	n_{31}	...	$\ddots$		n_{3r}
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\ddots$	$\vdots$
a_{s-1}	s	n_{s1}	n_{s2}	n_{s3}	...	$n_{s,r}$

Na Tabela 1, é explicitado o formato dos dados brutos para o problema de correlação policórica, denominada tabela de contingência. A primeira linha e coluna da Tabela 1 mostram as variáveis latentes ξ e η , e os seus respectivos valores de referência $a_1, a_2, a_3, \dots, a_{s-1}$ e $b_1, b_2, b_3, \dots, b_{r-1}$.

Já a segunda linha e segunda coluna, excluindo o primeiro elemento de cada, indicam as variáveis politômicas x e y observadas e seus respectivos valores. A Tabela 1 também mostra as n frequências da amostra para cada ocorrência de diferentes valores das variáveis observadas, que em conjunto são representados por N .

Note-se como os valores de referência nas variáveis latentes são posicionados, por exemplo, o primeiro valor de referência a_1 para a variável x está na linha correspondente ao valor de $x = 2$. Isso ocorre, porque os valores de referência correspondem aos limites entre os valores das variáveis observadas.

O valor de uma variável observada corresponde aos valores da variável latente que são maiores ou iguais aos valores de referência mostrados, enquanto estes valores de referência são menores que o próximo valor da variável observada, ou seja, a correspondência entre estes dois conjuntos de variáveis é dada pela forma com que os valores de referência nas variáveis latentes definem os limites das categorias nas variáveis observadas, representados pela Figura 10.

$$\begin{array}{ll}
 x = 1 \text{ se } \xi < a_1 & y = 1 \text{ se } \eta < b_1 \\
 x = 2 \text{ se } a_1 \leq \xi < a_2 & y = 2 \text{ se } b_1 \leq \eta < b_2 \\
 x = 3 \text{ se } a_2 \leq \xi < a_3 & y = 3 \text{ se } b_2 \leq \eta < b_3 \\
 \vdots & \vdots \\
 x = s \text{ se } a_{s-1} \leq \xi & y = r \text{ se } b_{r-1} \leq \eta
 \end{array}$$

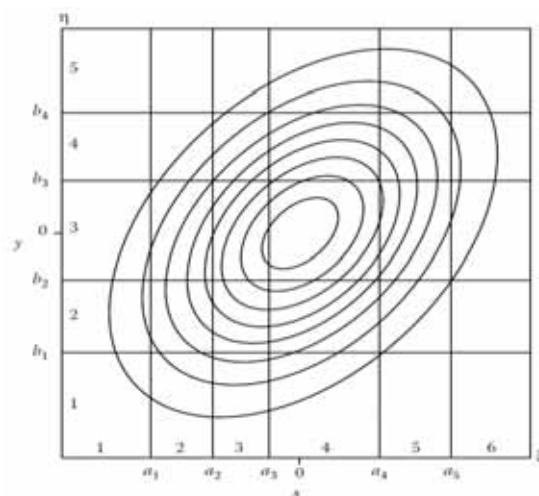


FIGURA 10 – Gráfico e contorno de uma distribuição bivariada normal das variáveis ξ e η (MULAİK, 2009)

Na Figura 10, um gráfico de contorno representa uma distribuição normal bivariada para duas variáveis contínuas latentes padronizadas ξ e η com correspondentes variáveis politômicas x e y . As linhas horizontais e verticais representam os limites sobre as variáveis contínuas a e b . Assumindo que $a_0 = -\infty$, $b_0 = -\infty$, $a_s = \infty$, e $b_r = \infty$. Todos os valores de x tais que $a_{i-1} \leq \xi < a_i$ igual i , e todos os valores de η tal que $b_{j-1} \leq \eta < b_j$ igual j .

Os valores das variáveis observadas são mostrados nas margens esquerda e inferior. As linhas de limite para latentes variável ξ se cruzam com as linhas de limite variável latente η para células de formulário (i, j) , $i = 1, 2, \dots, s$, $j = 1, 2, \dots, r$. A probabilidade de que uma observação das variáveis observadas (x, y) caia no interior da célula (i, j) é dada por π_{ij} .

Ou seja, busca-se a adequação das células a uma distribuição bivariada normal de modo que a probabilidade discreta seja representada o máximo possível equivalente de uma distribuição contínua, de acordo com as frequências relativas observadas.

Uma vez que as médias e variâncias da distribuição bivariada normal são fixadas respectivamente em 0 e 1, conseqüentemente, tem-se que o único parâmetro que regula a variação dessa distribuição é a correlação ρ das variáveis latentes.

Assim, variando a correlação ρ de uma forma sistemática, pode-se encontrar a probabilidade dos valores destas células pertencerem a esta distribuição, de modo que melhor se adéqua às frequências relativas.

Por exemplo, assumindo que a média das variáveis normais padronizadas sejam iguais a zero, e a variância das variáveis seja unitária, pode-se identificar a correlação ρ por meio da distribuição bivariada normal entre as variáveis latentes ξ e η dada pela equação (15) (BISWAS, 1991):

$$\Phi(\xi, \eta; \rho) = \frac{1}{2\pi\sqrt{1-\rho^2}} \int_{-\infty}^{\xi} \int_{-\infty}^{\eta} \exp\left[-\frac{1}{2(1-\rho^2)}(\xi^2 - 2\rho\xi\eta + \eta^2)\right] d\xi d\eta \quad (15)$$

Portando, o método de obtenção da Correlação Policórica por Máxima Verossimilhança, pode ser resumido pela Figura 11.

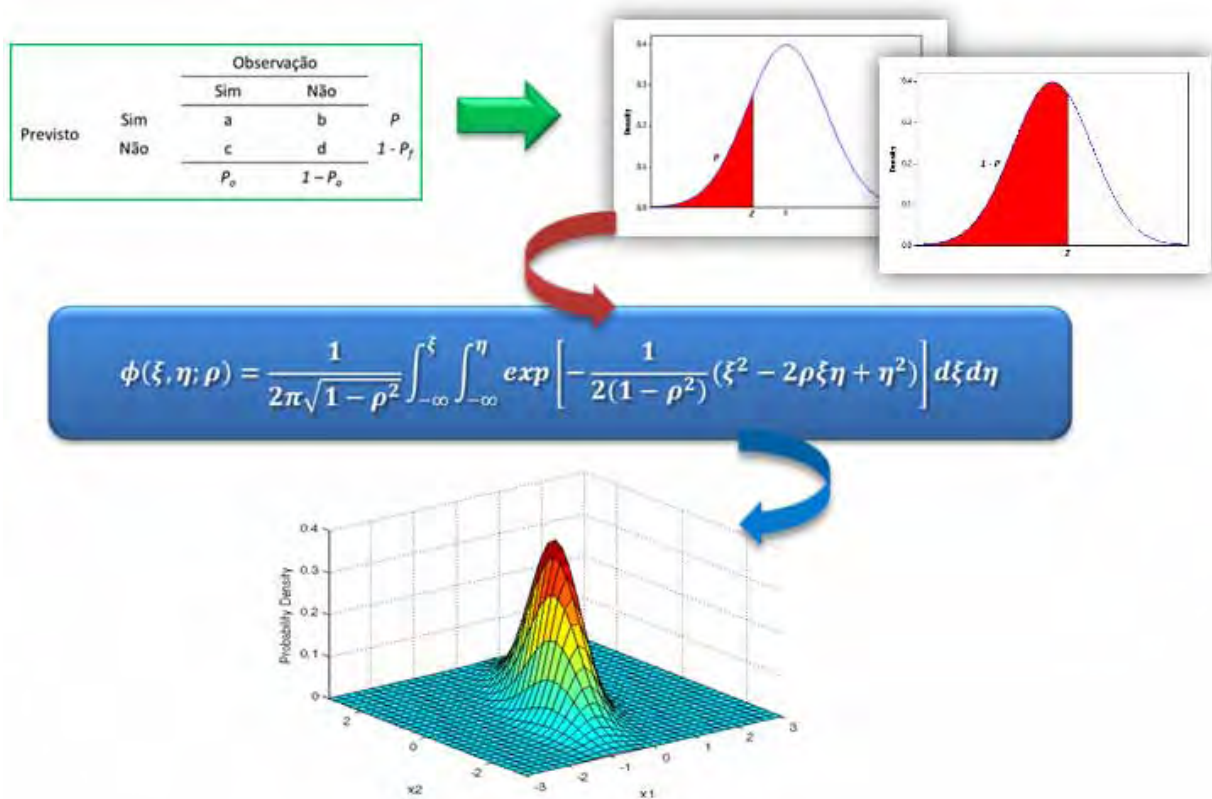


FIGURA 11 – Resumo gráfico para obtenção da CPMV

Existem dois métodos de obtenção das correlações policóricas:

- Correlação Policórica por Máxima Verossimilhança – CPMV – (Olsson, 1979) citada anteriormente.
- Correlação Policórica Esperada *a Posteriori* – CPEAP – (CHOI, PETERS, MUELLER, 2010). Neste método de estimação, usa-se o mesmo procedimento para estimar os valores de referência, bem como a admissão de uma distribuição bivariada normal da CPMV.

Entretanto, a estimativa CPEAP segue uma perspectiva Bayesiana, tratando parâmetros de interesse como variáveis aleatórias que seguem uma distribuição construída por meio da informação observada, a partir dos dados ordinais e um conhecimento *a priori* da correlação.

Dessa forma, este método é capaz de estimar a correlação policórica para tamanhos de amostras menores, garantindo a estimativa de parâmetros que não dependem de uma escolha particular de valores iniciais (CHOI, PETERS, MUELLER, 2010).

Portanto, considerando-se as cinco medidas associativas, tem-se a síntese das opções metodológicas para estimar medidas de associação para dados ordinais, conforme explicita o Quadro 10.

QUADRO 10 – Métodos de análises correlacionais para dados ordinais (CHOI, PETERS, MULLER, 2010)

	<i>r</i>	τ	ρ	CPMV	CPEAP
Inferência estatística	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Interpretação em termos de dependência linear	Sim	Não	Não	Sim	Sim
Estende-se por mais análises estatísticas	Versátil	Limitado	Limitado	Versátil	Versátil
Requer distribuição bivariada normal	Sim	Não	Não	Sim	Sim
Tamanho mínimo de amostra para inferências estatísticas	30	19	10	> que 30	< que 30
Tipo de medida	Métrico	Ordinal	Ordinal	Ordinal	Ordinal

Nesta tese, adotar-se-á a Correlação Policórica por Máxima Verossimilhança como medida de associação entre variáveis ordinais, por possuir propriedades semelhantes ao coeficiente correlação *r* de Pearson, por ser uma medida de escalas ordinais, aceitar tamanhos de amostra maiores que 30, bem como, ser capaz de analisar dados com distribuições multinomiais, adequando-se às características do protocolo e das simulações.

Sendo assim, no próximo tópico será apresentada a fundamentação teórica relativa ao método de estatística multivariada da Análise de Componentes Principais (ACP), pois seus conceitos aliados aos conceitos relativos ao método de obtenção da correlação policórica por máxima verossimilhança, formarão a base para o entendimento e desenvolvimento do indicador multivariado, cerne desta pesquisa.

2.4 Estatística Multivariada

2.4.1 Análise de Componentes Principais

Desenvolvida por Hotelling, em 1933, a Análise de Componentes Principais (ACP) é uma técnica da estatística multivariada que busca explicitar a estrutura de variância-covariância compreendida em um conjunto de dados, por meio das combinações lineares de suas variáveis originais (HOTELLING, 1933).

Segundo Johnson e Wichern (2002) e Rencher (2002), seus objetivos principais são:

- a redução de dimensionalidade dos dados:
 - apesar de p componentes serem capazes de reproduzir a variabilidade total de um conjunto de interesse, um pequeno número k de componentes principais é capaz de representar a maior parte dessa variabilidade. Assim, nota-se que existe quase tanta informação em k componentes principais quanto nas p variáveis originais, dessa forma, n medições das p variáveis originais, podem ser reescritas em um conjunto formado por n medições de k componentes principais;
- a interpretação de dados:
 - a utilização da ACP resulta em uma interpretação mais abrangente dos fenômenos, pois revelam relacionamentos que não seriam previamente identificados estudando-se o conjunto original. Assim, a ACP pode ser encarada também como um passo intermediário na análise de dados.

Os exemplos contidos no Quadro 11 mostram algumas de suas principais aplicações para ACP:

QUADRO 11 – Aplicações da ACP (adaptado de PAIVA, 2006)

Autor	Aplicação da ACP
Haykin (1994)	Pré-processamento de dados utilizados na construção de redes neurais artificiais, reduzindo assim a complexidade do projeto classificador.
Mingoti (2001)	Eliminação de resultados conflitantes na aplicação do Diagrama de Pareto em variáveis linearmente dependentes.
Lopes (2001)	Determinar a confiabilidade e o tempo médio de falha de um produto, cujos componentes tenham seus tempos de vida correlacionados.
Filmer e Pritchett (2001)	Utilizaram ACP para construção de índices socioeconômicos.
Souza Filho (2002)	Extração de características em sistemas de sonar passivo, devido ao grande número de variáveis em tempo real, a redução de dimensionalidade foi peça chave, sem a qual a operação dos sistemas era inviável.

QUADRO 11 – Aplicações da ACP – continuação (adaptado de PAIVA, 2006)

Autor	Aplicação da ACP
Scremin (2003)	Aperfeiçoamento do método da ACP por meio da Lógica Difusa (<i>Fuzzy</i>), permitindo a seleção adequada do número de componentes principais, além de agregar às informações estatísticas dos dados o conhecimento do pesquisador e/ou especialista quanto ao problema pesquisado.
Warne <i>et al.</i> (2004)	Utilizaram a ideia central de redução de dimensionalidade e de tratamento da colinearidade proporcionada pelo algoritmo ACP para redefinir as variáveis de entrada de uma rede neural artificial, assim, com apenas três componentes principais conseguiu-se um percentual acumulado de explicação da matriz de variância-covariância entre 70 % e 95%.
Murphy (2004)	Apresentou um estudo sobre controle de qualidade multivariado utilizando os componentes principais da função perda escalonada.
Yacoub e MacGregor (2004)	Otimização de um processo químico com variáveis de entrada e de resposta altamente correlacionadas, com isso, concluíram que com apenas três componentes principais poderiam representar todo o conjunto original.
Pereira (2004)	Utilizou ACP juntamente com escalonamento ótimo de maneira a analisar quantitativamente dados qualitativos relacionados à gestão da qualidade total em empresas do setor manufatureiro.
Harb (2005)	Procurou identificar as competências essenciais que devem ser adotadas pelas empresas do setor supermercadista brasileiro com o objetivo de buscar diferencial competitivo.
Tino (2005)	Utilizou a ACP para desenvolver um método de regulação de máquinas de injeção plástica, visando à redução de rejeitos.

Outros exemplos de pesquisas empregando-se a análise de componentes principais podem ser vistos em: Lingvall e Stepinski (2000), Shophian *et al.* (2003), Sun *et al.* (2004), da Silva *et al.* (2004), Jonhson (2002), Wang e Paliwal (2003), Swiniarski e Skowron (2003) e Zhang e Lin (2005).

2.4.2 Componentes Principais Populacionais

Johnson e Wichern (2002) e Rencher (2002) definem que a ACP de maneira algébrica é a combinação linear de p variáveis aleatórias $X_1, X_2, \dots, X_p$, e de maneira geométrica, estas são as combinações lineares de um novo sistema de coordenadas cujas direções representam a máxima variabilidade obtida a partir da rotação do sistema original, fornecendo uma maneira mais simples de se descrever a estrutura de covariância.

Assim, na obtenção da ACP, com os dados centrados na média, observa-se na Figura 12, que três variáveis originais X_1 , X_2 e X_3 , são descritas por apenas dois componentes principais PC1 e PC2. Dessa forma, o objeto é projetado no plano descrito por estes componentes, o valor do escore de cada componente é obtido por meio da determinação das distâncias entre a origem e o objeto projetado. Os autovetores representam os coeficientes da direção do plano ajustado, e a distância perpendicular entre o objeto e o plano é a distância para o modelo (GABRIELSSON *et al.*, 2003b).

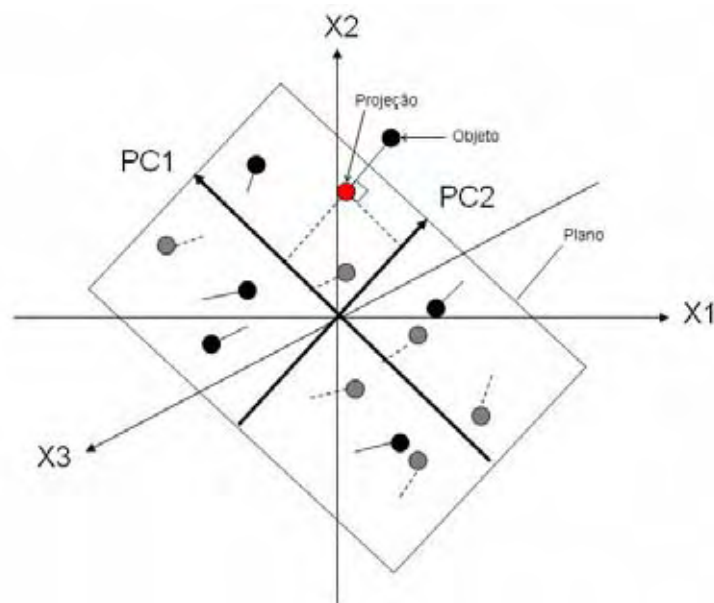


FIGURA 12 – Interpretação geométrica da ACP (PAIVA, 2006 adaptado de GABRIELSSON *et al.*, 2003)

Os componentes principais podem ser interpretados ainda por meio da decomposição espectral de uma matriz simétrica A ($k \times k$), seja ela variância-covariância σ ou correlação ρ , a decomposição espectral é dada pela equação (16) (RENCER, 2002; JOHNSON e WICHERN, 2002):

$$A_{(k \times k)} = \lambda_1 \underset{(k \times 1)}{e_1} \underset{(1 \times k)}{e_1^T} + \lambda_2 \underset{(k \times 1)}{e_2} \underset{(1 \times k)}{e_2^T} + \dots + \lambda_k \underset{(k \times 1)}{e_k} \underset{(1 \times k)}{e_k^T} \quad (16)$$

Onde λ_i são os autovalores de A e e_i , seus respectivos autovetores normalizados. Ainda segundo Rencher (2002) e Johnson e Wichern (2002), o produto interno de dois vetores pode ser encontrado considerando-se seu comprimento e o ângulo formado entre eles, tal que:

$$L_x = \sqrt{x^T x} \quad (17)$$

$$\cos \theta = \frac{x^T y}{\sqrt{x^T x} \sqrt{y^T y}} \quad (18)$$

Assim, tem-se que:

$$e_i^T e_i = 1, \quad i = 1, 2, \dots, k \text{ e } e_i^T e_j = 0, \quad i \neq j \quad (19)$$

Dessa forma, supondo que $k = 2$ pode-se escrever:

$$x^T A x = a_{11} x_1^2 + a_{22} x_2^2 + 2a_{12} x_1 x_2 = c^2 \quad (20)$$

Aplicando-se a decomposição espectral, tem-se:

$$x^T A x = \lambda_1 (x^T e_1)^2 + \lambda_2 (x^T e_2)^2 \quad (21)$$

Quando A é uma matriz positiva e definida, os autovalores são maiores que zero e c^2 é uma elipse cujos eixos são $y_1 = (x^T e_1)$ e $y_2 = (x^T e_2)$, de forma que $c^2 = \lambda_1 (y_1)^2 + \lambda_2 (y_2)^2$. Verifica-se que $x = c \lambda_1^{-1/2} (e_1)$ satisfaz $x^T A x = \lambda_1 (c \lambda_1^{-1/2} e_1^T e_1)^2 = c^2$, e que $x = c \lambda_2^{-1/2} (e_2)$ fornece a distância apropriada na direção de (e_2) .

Logo, os pontos situados a uma distância c em uma elipse onde os eixos são dados pelos autovetores de A , com comprimento proporcional ao inverso da raiz quadrada dos autovalores, tem sua disposição conforme mostra a Figura 13.

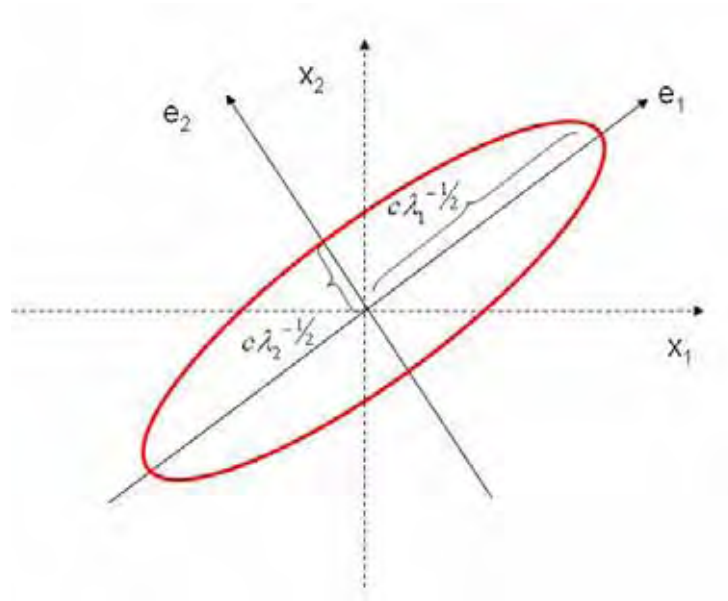


FIGURA 13 – Interpretação geométrica da ACP (PAIVA, 2006 adaptado de JOHNSON e WICHERN, 2002)

Assim, os componentes principais dependem ou da matriz de variância-covariância Σ ou da matriz de correlação ρ das variáveis originais. Assim seu desenvolvimento não requer o pressuposto de normalidade multivariada. Contudo, se os componentes principais forem gerados de uma população normal multivariada, conduzirão interpretações úteis, com relação à elipsoides de densidade constante. Dessa forma, inferências a partir de componentes amostrais podem ser feitas se a população for multivariada normal.

Dessa forma, o vetor aleatório $X^T = [X_1, X_2, \dots, X_p]$, cuja matriz de variância-covariância Σ possui autovalores $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_p \geq 0$, pode-se considerar as seguintes combinações lineares observadas na expressão (22):

$$\begin{aligned} Y_1 &= \ell_1^T X = \ell_{11}X_1 + \ell_{21}X_2 + \dots + \ell_{p1}X_p \\ Y_2 &= \ell_2^T X = \ell_{12}X_1 + \ell_{22}X_2 + \dots + \ell_{p2}X_p \\ &\vdots \\ Y_p &= \ell_p^T X = \ell_{1p}X_1 + \ell_{2p}X_2 + \dots + \ell_{pp}X_p \end{aligned} \quad (22)$$

Adotando que uma variável aleatória X_1 , seja multiplicada por uma constante c , o valor esperado e a variância de X_1 , serão dados pelas equações (23) e (24):

$$E(kX_1) = k.E(X_1) = k\mu_1 \quad (23)$$

$$Var(kX_1) = E(kX_1 - k\mu_1)^2 = k^2 Var(X_1) = k^2 \sigma_{11} \quad (24)$$

Se X_2 é uma segunda variável aleatória e se a e b são constantes, utiliza-se a propriedade da adição na expectância, e obtém-se:

$$\begin{aligned}
 \text{Cov}(aX_1, bX_2) &= E(aX_1 - a\mu_1)(bX_2 - b\mu_2) \\
 &= abE(X_1 - \mu_1)(X_2 - \mu_2) \\
 &= ab\text{Cov}(X_1, X_2) \\
 &= ab\sigma_{12}
 \end{aligned} \tag{25}$$

Como:

$$\begin{aligned}
 E(aX_1) &= aE(X_1) = a\mu_1 \\
 E(bX_2) &= bE(X_2) = b\mu_2
 \end{aligned} \tag{26}$$

Logo, a combinação linear $aX_1 + bX_2$, pode ser escrita:

$$E(aX_1 + bX_2) = aE(X_1) + bE(X_2) = a\mu_1 + b\mu_2 \tag{27}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Var}(aX_1 + bX_2) &= E[(aX_1 + bX_2) - (a\mu_1 + b\mu_2)]^2 \\
 &= E[(aX_1 - a\mu_1) + (bX_2 - b\mu_2)]^2 \\
 &= E[a^2(X_1 - \mu_1)^2 + b^2(X_2 - \mu_2)^2 + 2ab(X_1 - \mu_1)(X_2 - \mu_2)] \\
 &= [a^2\text{Var}(X_1) + b^2\text{Var}(X_2) + 2ab\text{Cov}(X_1, X_2)]
 \end{aligned} \tag{28}$$

$$\text{Var}(aX_1 + bX_2) = a^2\sigma_{11} + b^2\sigma_{22} + 2ab\sigma_{12} \tag{29}$$

Dessa forma, $c^T = [a, b]$, $(aX_1 + bX_2)$ pode ser escrito:

$$[a \quad b] \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \end{bmatrix} = c^T X \tag{30}$$

Portanto, $E(aX_1 + bX_2) = a\mu_1 + b\mu_2$, se torna:

$$[a \quad b] \begin{bmatrix} \mu_1 \\ \mu_2 \end{bmatrix} = c^T \mu \tag{31}$$

Assim, considerando uma matriz de variância-covariância de X igual a:

$$\Sigma = \begin{bmatrix} \sigma_{11} & \sigma_{12} \\ \sigma_{12} & \sigma_{22} \end{bmatrix} \tag{32}$$

A variância da combinação linear pode ser escrita:

$$\text{Var}(aX_1 + bX_2) = \text{Var}(c^T X) = c^T \Sigma c \quad (33)$$

Observando a equação (29) tem-se:

$$\begin{bmatrix} a & b \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \sigma_{11} & \sigma_{12} \\ \sigma_{12} & \sigma_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} = a^2 \sigma_{11} + 2ab \sigma_{12} + b^2 \sigma_{22} \quad (34)$$

De modo que os resultados anteriores podem ser estendidos para uma combinação linear de p variáveis aleatórias, uma dada combinação linear pode ser escrita como:

$$\begin{aligned} \ell^T X &= \ell_1 X_1 + \ell_2 X_2 + \dots + \ell_p X_p \\ \text{média} &= E(\ell^T X) = \ell^T \mu \\ \text{Variância} &= \text{Var}(\ell^T X) = \ell^T \Sigma \ell \end{aligned} \quad (35)$$

Usando os resultados das equações (35) na equação (22), tem-se:

$$\begin{aligned} \text{Var}(Y_i) &= \ell_i^T \Sigma \ell_i \quad i = 1, 2, \dots, p \\ \text{Cov}(Y_i, Y_k) &= \ell_i^T \Sigma \ell_k \quad i, k = 1, 2, \dots, p \end{aligned} \quad (36)$$

Portanto, os componentes principais serão todas as combinações lineares de $Y_1, Y_2, \dots, Y_p$ cujas variâncias, dada na equação (36), sejam tão grandes quanto possível. Assim, o primeiro componente principal (PC1) será a combinação linear que possuir a máxima variância dada pela equação (36), esta pode ser aumentada pela multiplicação de qualquer ℓ_i por uma dada constante.

Contudo, de modo a eliminar a indeterminação, deve-se restringir os vetores coeficientes ao comprimento unitário. Deste modo, podem-se definir os primeiros e segundos componentes principais, respectivamente PC1 e PC2, na forma de funções objetivo com restrições (JOHNSON e WICHERN, 2002), tal que:

$$\begin{aligned} \text{Maximizar} \quad & \text{Var}(\ell_1^T X) \\ \text{Sujeito a:} \quad & \ell_1^T \ell_1 = 1 \end{aligned} \quad (37)$$

$$\begin{aligned}
& \text{Maximizar} \quad \text{Var}(\ell_2^T X) \\
& \text{Sujeito a:} \quad \ell_2^T \ell_2 = 1 \\
& \quad \quad \quad \text{Cov}(\ell_1^T X, \ell_2^T X) = 0
\end{aligned} \tag{38}$$

Dessa maneira, segundo Rencher (2002) e Johnson e Wichern (2002), solucionando-se os sistemas (37) e (38) tem-se o valor do primeiro e do segundo componentes principais, desta forma, o i -ésimo componente principal será a combinação linear $\ell_i^T X$ que for solução da expressão (39):

$$\begin{aligned}
& \text{Maximizar} \quad \text{Var}(\ell_i^T X) \\
& \text{Sujeito a:} \quad \ell_i^T \ell_i = 1 \\
& \quad \quad \quad \text{Cov}(\ell_i^T X, \ell_k^T X) = 0 \quad \text{para } k < i
\end{aligned} \tag{39}$$

2.4.3 Componentes Principais de Variáveis Padronizadas

Os componentes principais também podem ser obtidos a partir de variáveis padronizadas, segundo Johnson e Wichern (2002), tal que:

$$Z_1 = \frac{(X_1 - \mu_1)}{\sqrt{\sigma_{11}}}, Z_2 = \frac{(X_2 - \mu_2)}{\sqrt{\sigma_{22}}}, \dots, Z_p = \frac{(X_p - \mu_p)}{\sqrt{\sigma_{pp}}} \tag{40}$$

Logo, em notação matricial, a expressão (24) pode ser escrita:

$$Z = \left(V^{1/2} \right)^{-1} (X - \mu) \tag{41}$$

Onde $\left(V^{1/2} \right)^{-1}$ é uma matriz diagonal formada com os desvios-padrão das variáveis, assim, o valor esperado de Z é zero e $\text{Cov}(Z) = \left(V^{1/2} \right)^{-1} \Sigma \left(V^{1/2} \right)^{-1} = \rho$. Portanto, os componentes principais de Z podem ser obtidos a partir dos autovetores da matriz de correlação ρ de X . Uma vez que a variância de cada Z_i é unitária, podem-se aplicar todos os resultados anteriores às variáveis padronizadas. Contudo, apesar de a notação ser a mesma, as quantidades devidas de Σ não são, em geral, as mesmas derivadas de ρ (JOHNSON E WICHERN, 2002).

Dessa forma, o i -ésimo componente principal das variáveis padronizadas $Z^T = [Z_1, Z_2, \dots, Z_p]$, com $\text{Cov}(Z) = \rho$, é dado por:

$$Y_i = e_i^T Z = e_i^T \left(V^{1/2} \right)^{-1} (X - \mu), \quad i = 1, 2, \dots, p \quad (42)$$

Pode ser escrito ainda como:

$$Y_i = e_i^T Z = e_{1i} Z_1 + e_{2i} Z_2 + \dots + e_{pi} Z_p, \quad i = 1, 2, \dots, p \quad (43)$$

Com:

$$Z = \begin{bmatrix} \frac{x_{11} - \bar{x}_1}{\sqrt{s_{11}}} & \frac{x_{12} - \bar{x}_1}{\sqrt{s_{11}}} & \dots & \frac{x_{1n} - \bar{x}_1}{\sqrt{s_{11}}} \\ \frac{x_{21} - \bar{x}_2}{\sqrt{s_{22}}} & \frac{x_{22} - \bar{x}_2}{\sqrt{s_{22}}} & \dots & \frac{x_{2n} - \bar{x}_2}{\sqrt{s_{22}}} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \frac{x_{p1} - \bar{x}_p}{\sqrt{s_{pp}}} & \frac{x_{p2} - \bar{x}_p}{\sqrt{s_{pp}}} & \dots & \frac{x_{pn} - \bar{x}_p}{\sqrt{s_{pp}}} \end{bmatrix} \quad (44)$$

Ademais,

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^p \text{Var}(Y_i) &= \sum_{i=1}^p \text{Var}(Z_i) = p \\ \rho_{Y_i, Z_k} &= e_{ki} \sqrt{\lambda_i}, \quad i = 1, 2, \dots, p \end{aligned} \quad (45)$$

Desta forma, observa-se que, neste caso $(\lambda_1, e_1), (\lambda_2, e_2), \dots, (\lambda_p, e_p)$ são pares de autovalores-autovetores da matriz de correlação ρ com $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_p \geq 0$.

2.4.4 Variância Amostral e ACP

Quando não se tem conhecimento dos parâmetros populacionais de Σ e ρ , adota-se a matriz de variância-covariância amostral S no lugar de Σ e a matriz de correlação amostral R no lugar de ρ . Assim, tem-se que:

$$S = \begin{bmatrix} s_{11} & s_{12} & \cdots & s_{1p} \\ s_{12} & s_{22} & \cdots & s_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ s_{1p} & s_{12} & \cdots & s_{pp} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (x_{1j} - \bar{x}_1)^2 & \cdots & \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (x_{1j} - \bar{x}_1)(x_{pj} - \bar{x}_p) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (x_{1j} - \bar{x}_1)(x_{pj} - \bar{x}_p) & \cdots & \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (x_{pj} - \bar{x}_p)^2 \end{bmatrix} \quad (46)$$

Dessa forma, os componentes principais amostrais em termos de S e R , são escritos:

$$\sum_{i=1}^p s_{ii} = \hat{\lambda}_1 + \hat{\lambda}_2 + \dots + \hat{\lambda}_p \quad (47)$$

$$r_{(\hat{y}_i, x_k)} = \frac{\text{Cov}(x_k, \hat{y}_i)}{\sqrt{\text{Var}(\hat{y}_i)\text{Var}(x_k)}} = \frac{\hat{e}_{ki} \sqrt{\hat{\lambda}_i}}{\sqrt{s_{kk}}}, \quad i, k = 1, 2, \dots, p \quad (48)$$

Portanto, o hiperelipsóide centrado na média amostral $\bar{x}$, onde os eixos são os autovetores da matriz de covariância amostral S possuem comprimentos proporcionais aos seus autovalores (RENCER, 2002; JOHNSON E WICHERN, 2002), tem-se que:

$$(x - \bar{x})^T S^{-1} (x - \bar{x}) = c^2 \quad (49)$$

A Figura 14 explicita o conceito da representação geométrica do componente principal.

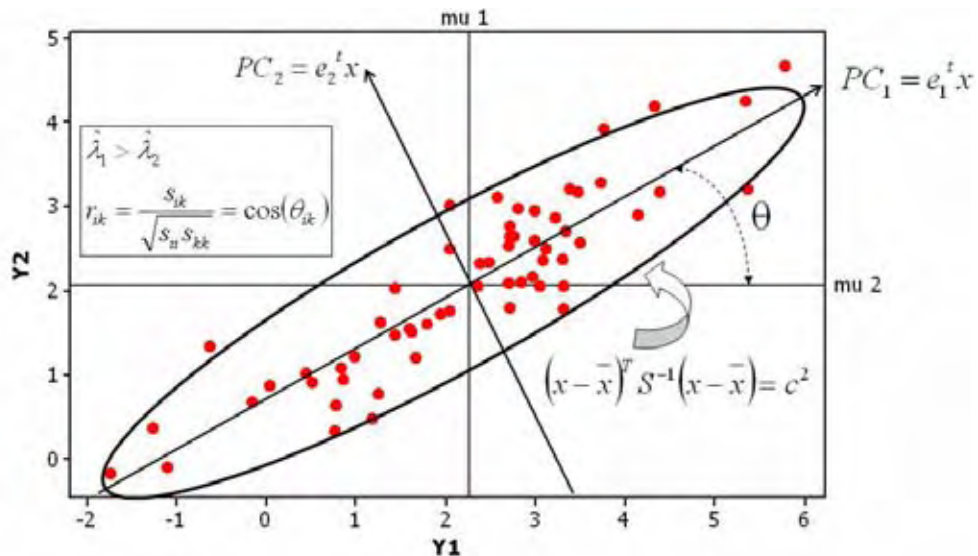


FIGURA 14 – Elipse de densidade constante para dois componentes principais (PAIVA, 2006)

O semieixo maior da elipse representa as correlações entre as variáveis que compõem o conjunto múltiplo e, quanto maiores elas forem, maior será a importância deste semieixo. Este reflete a dominância do primeiro componente principal sobre a explicação da estrutura de covariância, esperando-se assim uma redução de dimensionalidade, já que PC_1 representa adequadamente o conjunto original de variáveis.

Na Figura 14, nota-se que a combinação linear PC_1 assemelha-se a uma reta de regressão. Assim, a combinação linear é a equação de regressão capaz de explicar a estrutura de variância-covariância dos dados. Assim, quando a estrutura de correlação entre os dados é forte, os componentes menores terão uma importância menor, assumindo uma pequena dimensão do semieixo menor, como é o caso do segundo componente principal.

Porém, quando a estrutura de correlação do conjunto de dados diminui, a diferença entre os componentes principais também diminui, fazendo com que os semieixos se tornem semelhantes, o que acarreta na diminuição da possibilidade de redução na dimensionalidade do conjunto. Este fato torna a elipse da Figura 14 uma esfera, o que é explicitado pela Figura 15 (PERES – NETO *et al.*, 2005; PAIVA, 2006).

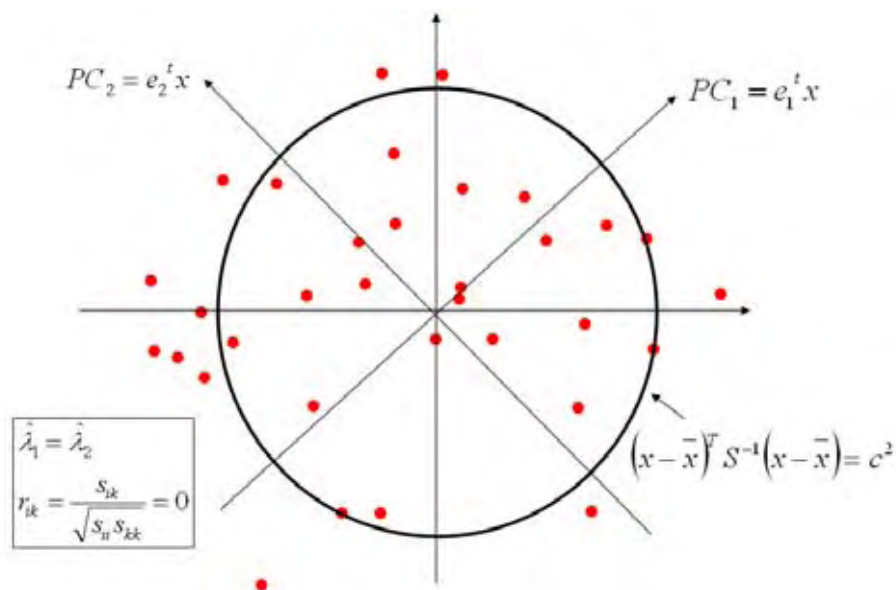


FIGURA 15 – Correlação Nula = Autovalores idênticos (PAIVA, 2006)

2.4.5 Escores de Componentes Principais

Conforme o exposto anteriormente, observa-se que é útil escrever as combinações lineares na forma de escores dos componentes principais pois, a matriz de variáveis padronizadas geralmente está representada pelas p colunas das características estudadas, em cada uma das suas n observações, portanto, na prática, adota-se a matriz transposta de $\mathbf{Z}$.

De maneira a representar adequadamente as informações dadas por $Y_i = e_i^T \mathbf{Z}$, $i = 1, 2, \dots, p$, utiliza-se a estatística denominada de escore de componentes principais (PC_k), representada pela expressão (50):

$$PC_k = \mathbf{Z}^T \mathbf{e} = \begin{bmatrix} \left(\frac{x_{11} - \bar{x}_1}{\sqrt{s_{11}}} \right) & \left(\frac{x_{21} - \bar{x}_2}{\sqrt{s_{22}}} \right) & \dots & \left(\frac{x_{p1} - \bar{x}_p}{\sqrt{s_{pp}}} \right) \\ \left(\frac{x_{12} - \bar{x}_1}{\sqrt{s_{11}}} \right) & \left(\frac{x_{22} - \bar{x}_2}{\sqrt{s_{22}}} \right) & \dots & \left(\frac{x_{p2} - \bar{x}_p}{\sqrt{s_{pp}}} \right) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \left(\frac{x_{1n} - \bar{x}_1}{\sqrt{s_{11}}} \right) & \left(\frac{x_{2n} - \bar{x}_2}{\sqrt{s_{22}}} \right) & \dots & \left(\frac{x_{pn} - \bar{x}_p}{\sqrt{s_{pp}}} \right) \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} e_{11} & e_{12} & \dots & e_{1p} \\ e_{21} & e_{22} & \dots & e_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ e_{1p} & e_{2p} & \dots & e_{pp} \end{bmatrix} \quad (50)$$

Apresentados os principais conceitos acerca dos métodos de estatística multivariada de Análise de Componentes Principais, é necessário ainda discutir duas limitações de sua aplicação para esta pesquisa, bem como, os meios encontrados na literatura para superá-los.

2.4.6 Componentes Principais para Dados Discretos

Segundo Hand (2004) e Bernstein (2005), dados discretos podem ser binários, ou seja, uma variável assume um de dois valores, tais como gênero (masculino/feminino), ou ainda ordinais, quando existem várias categorias, como por exemplo, diferentes níveis de ensino (fundamental, médio, técnico, superior), e escalas de *Likert* (como por exemplo: de 1 a 5, onde 1 é total discordância e 5 é total concordância).

Como, a Análise de Componentes Principais foi originalmente desenvolvida para dados multivariados normais sendo mais bem utilizada com dados contínuos. Contudo, há uma reconhecida limitação da ACP aplicada a dados de natureza discreta. Pois, um de seus pressupostos define que as variáveis de entrada devem ser multivariadas normais, ou pelo menos uma aproximação razoável dessa distribuição. Entretanto, quando os dados são

discretos essa suposição é violada (OLSSON, 1979; FILMER e PRITCHETT, 1998 e 2001; DISTEFANO, 2002; KOLENIKOV e ANGELES, 2004 e 2009).

Isso ocorre porque em quase todos os métodos estatísticos padrão baseiam-se na suposição de que a resposta é medida numa escala contínua e tem variância constante, desse modo, quando se utilizam protocolos baseados em dados ordinais ou em escalas de *Likert*, o pressuposto da variância constante é violado (KASUYA, 2004; LAWRENCE et al., 2010; RÜCKER, 2010).

Para melhor compreender este conceito, suponha uma variável aleatória X , com distribuição binomial, $X \sim \text{Binomial}(n, p)$ com valor esperado $E(X) = np$ e variância $\text{Var}(X) = np(1-p)$, a função de variância de X é dada pela expressão (51):

$$f : x \mapsto x(1-x) \quad (51)$$

Aplicando-se o método delta para um g transformado, os valores de X/n próximos a p , obtêm-se aproximadamente:

$$g(X/n) = g(p) + g'(p)(X/n - p) \quad (52)$$

Onde g' denota a primeira derivada de g , logo, tem-se a expressão (53):

$$\text{Var}(g(X/n)) \approx (g'(p))^2 \text{Var}(X)/n^2 = (g'(p))^2 p(1-p)/n \quad (53)$$

Dessa forma, a expressão (53) conduz para uma condição de variância aproximadamente constante, dada pela expressão (54):

$$(g'(x))^2 x(1-x) \equiv \text{constante} \quad (54)$$

Integra-se a expressão (54), obtêm-se:

$$g(x) = \int_{-\infty}^x \left(\frac{dp}{\sqrt{p(1-p)}} \right) = \arcsen \sqrt{x} \quad (55)$$

Assim, a expressão (55) é denominada de transformação arco seno, portanto, a estimativa para uma variância transformada pelo arco seno é dada pela expressão (56):

$$\arcsen\sqrt{\hat{p}} = \arcsen\sqrt{X/n} \quad (56)$$

Logo:

$$\hat{Var}(\arcsen\sqrt{X/n}) = \frac{1}{n} \quad (57)$$

Efetuada a diferença de arco seno, tem-se a expressão (58):

$$\Delta = \arcsen\sqrt{\frac{a}{a+b}} - \arcsen\sqrt{\frac{c}{c+d}} \quad (58)$$

Logo:

$$\hat{Var}\Delta = \frac{1}{a+b} + \frac{1}{c+d} \quad (59)$$

Entretanto, tal função é apenas uma aproximação da verdadeira variância de uma dada amostra. Portanto, para um dado n , esta aproximação não é muito precisa quando p tende a zero. Assim, tal transformação arco seno pode ser substituída por uma versão que incorpora uma correção contínua que se aproxima mais de uma variância constante, este método foi denominado de Transformação de Freeman e Tukey. (KASUYA, 2004; LAWRENCE et al., 2010; RÜCKER, 2010).

Dessa maneira, para um dado p , a variância $Var[g(X)]$ de uma função g pode ser definida pela expressão (60):

$$Var[g(X)] = E[g^2(x)] - (E[g(X)])^2 \quad (60)$$

Quando aplicado a expressão (60) a uma variável binomial X , com parâmetros n e p e função g , tal como $g(x) = \arcsen\sqrt{x}$, deve-se apenas avaliar as somas finitas dadas pela expressão (61):

$$Var[g(p)] = \sum_{k=0}^n \binom{n}{k} p^k (1-p)^{n-k} \left[g\left(\frac{k}{n}\right)^2 - \left[\sum_{k=0}^n \binom{n}{k} p^k (1-p)^{n-k} g\left(\frac{k}{n}\right) \right]^2 \right] \quad (61)$$

Para exemplificar este conceito, foram realizadas transformações de função arco seno e tranformação de Freeman e Tukey, para variâncias com tamanho de amostras de 20, 50, 100 e 200 elementos, conforme Figura 16.

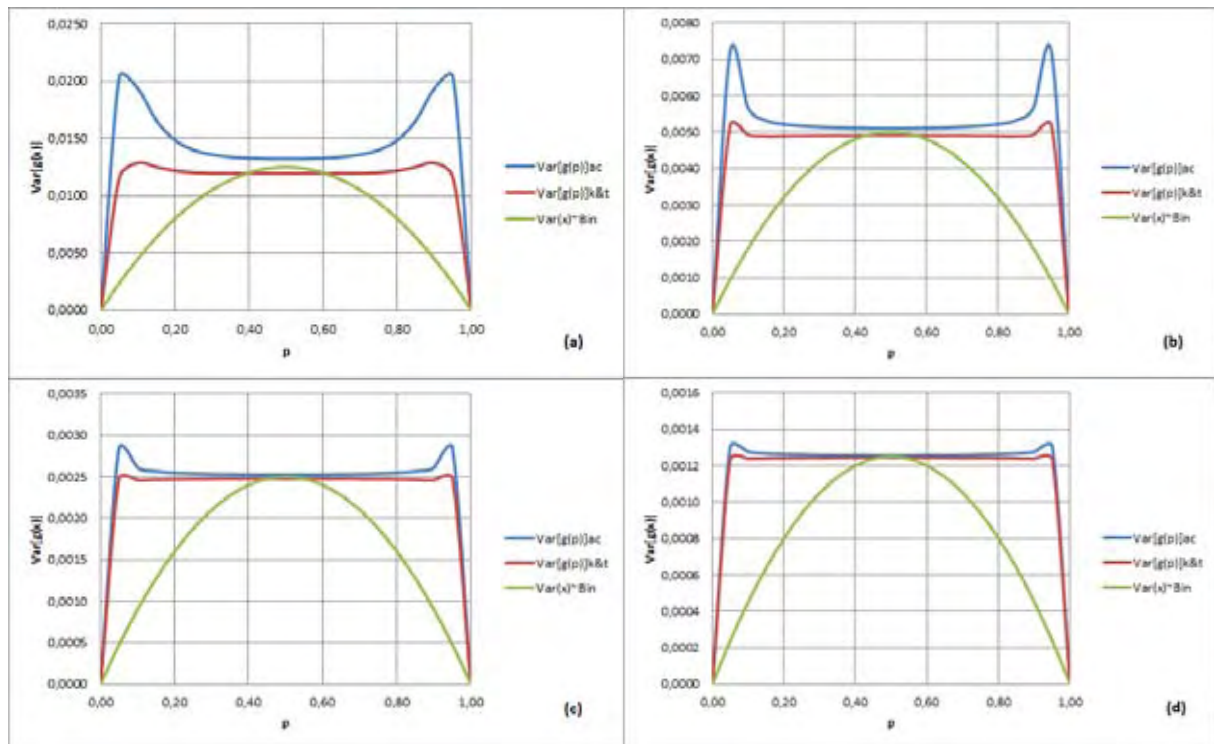


FIGURA 16 – Aproximação para Variância constante

Na figura 16, as curvas em verde representam as variâncias com tamanhos de amostras 20 para (a), 50 para (b), 100 para (c) e 200 para (d), as linhas em azul representam as variâncias transformadas pelo método arco seno, as linhas em vermelho representam as variâncias transformadas pelo método de Freeman e Tukey. Nota-se que a medida que o tamanho da amostra aumenta a função de estabilização da variância

Sendo assim, justifica-se a utilização da Correlação Policórica por Máxima Verossimilhança, por justamente aproximar o máximo possível uma distribuição probabilidade discreta a uma distribuição contínua, apresentando resultados com um melhor ajuste ao modelo teórico da ACP (BISGAARD e FULLER, 1994; DISTEFANO, 2002; TELLO *et al.*, 2010).

2.4.7 Índice Global Multivariado

Quando Bratchell (1989) empregou a abordagem multivariada para avaliar um arranjo de projeto de experimentos, ele apontou uma série de limitações do método, entre as quais se

destacam:

- a insuficiência de representação do primeiro componente principal;
- a possibilidade de conflito de sentidos de otimização entre o primeiro componente principal e as variáveis originais;
- a pequena estrutura de correlação entre os dados que acarreta em uma representação pobre do componente principal;
- como incluir ou representar a informação contida nos componentes principais menores.

Paiva (2006) acrescenta ainda outras questões:

- como transportar para os componentes principais, os limites de especificação das variáveis originais;
- como definir o sentido de otimização de uma equação em termos dos componentes principais que reflita o sentido esperado pelas funções originais;
- como estabelecer um sistema de relações entre os componentes principais e as variáveis originais, de maneira a se equacionar os sentidos de otimização.

Em resposta a estes questionamentos Paiva (2006), desenvolveu um procedimento capaz de contornar o aspecto da insuficiência de representação do primeiro componente principal. Embora na maioria das vezes a equação de primeiro componente principal seja suficiente, observa-se que a explicação deste componente não é a estrutura de correlação observada. Assim, para estes casos, quando o PC1 não tiver uma representatividade hegemônica, outros componentes principais menores deverão ser utilizados em conjunto com PC1.

Johnson e Wichern (2002), propõem que seja utilizado o critério de Kaiser para a seleção dos componentes principais significativos, de tal modo que se mantenham apenas aqueles componentes principais cujos autovalores sejam maiores do que 1 e/ou em conjunto, representem no mínimo 80% da estrutura de variação das respostas originais.

Assim, estabelecidos os componentes principais a ser utilizados, Paiva *et al.* (2010) recomenda o uso de uma função aditiva ponderada, cujos pesos podem ser os próprios autovalores referentes a cada componente, ou percentual de explicação de cada componente. O resultado desta ponderação foi denominado de “Índice Global Multivariado – (IGM)” e pode ser escrito matematicamente pela equação (62):

$$IGM = \sum_{i=1}^m [\lambda_i(PCs_i)] \quad (62)$$

Onde: m = número de componentes principais significativos, λ_i = i -ésimo autovalor e PCs_i = i -ésimo escore de componente principal. Vale ressaltar que nesta pesquisa adotou-se o método de ponderação pelos autovalores.

Logo, tal índice quando utilizado a partir dos componentes extraídos por meio da matriz de correlação policórica de dados ordinais, tornar-se-á o indicador proposto no objetivo geral dessa pesquisa, e será detalhadamente descrito no Capítulo 3.

Feitas as modificações do IGM para sua utilização com variáveis discretas, o indicador formado (IMP) será testado a partir de questionários simulados. A partir de um vetor de médias e uma matriz de variância-covariância obtidas a partir dos dados OLS originais de Ribeiro jr. e Stano (2010), diferentes matrizes de correlação policórica e variação intra e inter-respondentes serão simuladas. Para se fazer a alteração sistemática dos níveis de correlação e variação desejados empregar-se-á a Metodologia de Superfície de Resposta, cujos fundamentos e pressupostos são descritos no próximo item.

2.4.8 Metodologia de Superfície de Resposta

A Metodologia de Superfície de Resposta (MSR) é um conjunto de ferramentas matemáticas e estatísticas desenvolvida para a modelagem e análise de problemas cujas respostas são influenciadas por variáveis controláveis e incontroláveis e que cujo relacionamento é desconhecido a priori (MONTGOMERY, 2001). Para explicitar esta relação desconhecida entre as respostas y e o conjunto de variáveis independentes x , uma aproximação a partir da Série de Taylor para uma função desconhecida pode ser estabelecida.

Supondo que a resposta esperada $E(Y)$ seja uma função de k variáveis preditoras codificadas $x_1, x_2, \dots, x_k$, o relacionamento entre y e as variáveis preditoras pode ser expresso segundo uma expansão em Série de Taylor (BOX e DRAPER, 1987), tal que:

$$E(Y) = \eta = \eta_0 + \sum_{i=1}^k \left[\frac{\partial \eta}{\partial x_i} \right]_0 x_i + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k \left[\frac{\partial^2 \eta}{\partial x_i \partial x_j} \right] + \dots \quad (63)$$

Onde o subscrito zero indica a avaliação na origem, assim, se os termos de alta ordem forem ignorados, a expansão é dada por:

$$\eta = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i x_i \quad (64)$$

Em adição, se forem mantidos os termos de segunda ordem, ela se tornar :

$$y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i x_i + \sum_{i < j} \beta_{ij} x_i x_j + \varepsilon \quad (65)$$

Contudo se houver curvatura no processo, então um polin mio de ordem mais alta deve ser utilizado, tal como um modelo de segunda ordem, por exemplo.

$$y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i x_i + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} x_i^2 + \sum_{i < j} \beta_{ij} x_i x_j + \varepsilon \quad (66)$$

Box e Draper (1987) observaram que para a maioria dos problemas de superfície de resposta utiliza-se um desses dois modelos. Contudo, não   provável que um modelo polinomial se aproxime de um modelo real, levando em considera o todo o espaço experimental coberto para as variáveis independentes. Entretanto, para uma região específica, a aproxima o se mostra eficiente (MONTGOMERY,2001).

Portanto, a análise de uma superfície de resposta   realizada em termos de uma superfície ajustada. Assim, se esta for adequada, sua análise será próxima ou equivalente   análise da superfície real. Dessa forma, o objetivo é utilizar um arranjo experimental adequado para coletar os dados de y , de maneira a caminhar em dire o   região ótima, uma vez encontrada tal região, um modelo quadrático deve ser utilizado.

Observa-se que, em algumas circunstâncias, modelos envolvendo apenas efeitos principais e algumas interações são suficientes para descrever a superfície de resposta, principalmente quando não houver curvatura. Entretanto, a completa descri o do comportamento do processo poderá requerer um modelo quadrático ou cúbico.

De maneira geral, em experimentos, inicialmente é assumido o uso do modelo linear. Contudo, para confirmar a existência da falta de ajuste, utilizam-se pontos experimentais extras denominados de *Pontos Centrais* que, segundo Box *et al.* (1978), os quais se adiciona ao fatorial completo, pontos intermediários aos níveis dos fatores, adicionados tantos pontos centrais quantos forem os K fatores do experimento.

Os pontos centrais são utilizados para avaliar a existência de curvatura, assim, se a resposta média obtida com os nf pontos fatoriais $\bar{y}_f$ for significativamente diferente da média formada pelos nc pontos centrais $\bar{y}_c$, então, pode-se caracterizar uma região de curvatura significativa. Montgomery (2001) define a soma de quadrados para curvatura:

$$SS_{QP} = \frac{(nf \times nc)(\bar{y}_f - \bar{y}_c)^2}{nf + nc} \quad (67)$$

O Erro médio quadrático e o teste de hipótese são, respectivamente:

$$MS_e = \frac{SS_e}{nc - 1} = \frac{\sum_{i=1}^{nc} (y_i - \bar{y})^2}{nc - 1} \quad (68)$$

$$H_0 : \sum_{j=1}^k \beta_{jj} = 0 \text{ e } H_1 : \beta_{jj} \neq 0 \quad (69)$$

Se SS_{QP} for muito maior do que MS_e , haverá evidência suficiente para rejeitar a hipótese nula de que os coeficientes quadráticos são nulos.

2.4.8.1 Arranjos Experimentais para Superfície de Resposta

Existem dois tipos principais de arranjos experimentais para a coleta de dados na Metodologia de Superfície de Resposta: o arranjo central composto e o Box-Behnken. O arranjo central composto (*Box-Wilson Central Composite Design - CCD*) é uma matriz formada por três grupos distintos de elementos experimentais:

- um fatorial completo ou fracionado;
- um conjunto de pontos centrais;
- um grupo de níveis extras denominados Pontos Axiais.

Dessa forma, se a distância entre o centro do arranjo e ponto fatorial (+1;-1) for aproximadamente 1 (em módulo), a distância do centro ao ponto axial será maior que a unidade. Esta distância é representada por α , a qual depende de certas propriedades desejadas para o experimento e do número de fatores envolvidos (Montgomery, 2001), como ilustra a Figura 17.

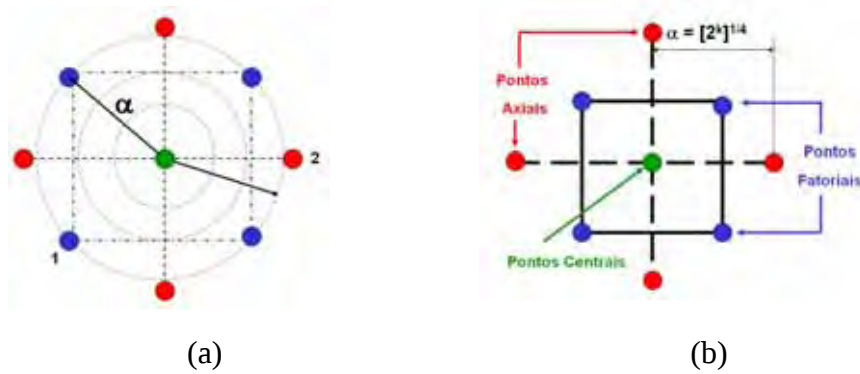


FIGURA 17 – (a) Rotacionalidade, (b) Arranjo central composto para dois fatores (PAIVA, 2006)

O número de pontos axiais em um CCD é igual ao dobro do número de fatores e representam seus valores extremos. Dependendo de sua localização, podem ser:

- Arranjo Circunscrito (CCC): é o CCD original, nele, os pontos axiais estão a uma distância α do centro, este arranjo requer cinco níveis para cada fator;
- Arranjo inscrito (CCI): é adequado às situações nas quais os limites especificados não podem ser extrapolados, o CCI utiliza os níveis dos fatores como pontos axiais e cria um fatorial completo ou fracionado dentro desses limites, requerendo cinco níveis;
- Arranjo de Face Centrada (CCF): caracteriza-se por dispor os pontos axiais sobre o centro de cada face do espaço fatorial, ou seja, $\alpha = +1$ ou -1 . Requer três níveis para cada fator.

Nos arranjos centrais compostos, a variância predita é constante ao longo da esfera de raio α , ou seja, $V[\hat{y}(x)]_{(1)} = V[\hat{y}(x)]_{(2)} = \dots = V[\hat{y}(x)]_{(i)}$ e é definida como:

$$V[\hat{y}(x)] = \sigma^2 x^T (X^T X)^{-1} x \quad (70)$$

Esta propriedade é definida como rotacionalidade e, segundo Box e Draper (1987), para mantê-la, o valor de α deverá ser fixado em função do número de experimentos (k) da porção fatorial do CCD, de modo que:

$$\alpha = (2k)^{1/4} \quad (71)$$

Quando for necessário se empregar um arranjo em blocos, α é dado por:

$$\alpha = \left[k \left(1 + \frac{n_{s0}}{n_s} \right) / \left(1 + \frac{n_{c0}}{n_c} \right) \right]^{\frac{1}{2}} \quad (72)$$

Na equação (63), n_{s0} o número de pontos centrais presentes na porção axial do arranjo; n_s é a quantidade restante de pontos da porção axial; n_{c0} é o número de pontos centrais da porção cúbica do arranjo (fatorial completo) e n_c é a quantidade restante de pontos da porção cúbica (BOX e DRAPER, 1987).

Um arranjo do tipo Box-Behnken (BOX e BEHNKEN, 1960) é um modelo quadrático independente que não contém fatoriais completos ou fracionários embutidos. Neste tipo de arranjo, as combinações de fatores são os pontos médios das arestas das faces do espaço experimental Ω , além dos pontos centrais, como pode ser visto na Figura 18. Estes arranjos são rotacionáveis e requerem três níveis para cada fator.

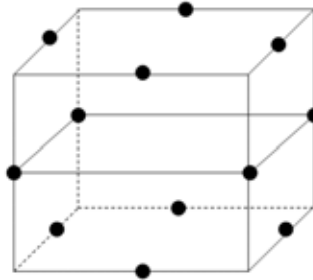


FIGURA 18 – Arranjo do tipo Box-Behnken para três fatores (PAIVA, 2006)

Nesta tese, será empregado um arranjo do tipo CCD, com cinco pontos centrais e duas réplicas, resultando em 13 cenários diferentes, avaliados duas vezes cada um. Como variáveis, serão adotadas o nível de correlação entre as questões do protocolo simulado (x_1) e o coeficiente de variação (x_2). O coeficiente de variação foi escolhido por permitir a alteração simultânea de médias e variâncias intra e entre das questões. Cada uma das 13 combinações diferentes proporcionadas pelo CCD será utilizada para gerar um protocolo OLS simulado.

Várias características dos questionários simulados poderão ser calculadas, tais como: o viés entre média e mediana empregando-se 2 ou 3 componentes principais. (MAPE1 e MAPE2), autovalores significativos, percentual de explicação dado pelo IMP e confiabilidade interna. A confiabilidade interna será medida a partir do Alpha de Cronbach, cujo arcabouço teórico será apresentado no próximo item.

2.4.9 Coeficiente Alpha de Cronbach

O coeficiente Alfa de Cronbach mede a correlação entre respostas em um protocolo por meio de uma análise da correlação média entre perguntas e as respostas dadas pelos respondentes. Assim, o coeficiente α é calculado a partir da variância dos itens individuais e a soma das variâncias dos itens de cada avaliador. Dessa forma, para se ter o valor adimensional para representar a isenção dos erros aleatórios das observações, ou seja, a confiabilidade, divide-se o estimador pela variabilidade total do protocolo conforme explicita a equação (73) (CRONBACH,1951):

$$\alpha = \left(\frac{k}{k-1} \right) \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^k s_i^2}{s_t^2} \right) \quad (73)$$

Onde:

- k corresponde ao número de itens do protocolo;
- s_i^2 corresponde à variância de cada item;
- s_t^2 corresponde à variância total do protocolo, que é determinada como a soma de todas as variâncias.

Segundo Cronbach (2004), para a utilização do coeficiente α deve seguir três pressupostos:

- o protocolo deve estar dividido e agrupado em dimensões, ou seja, questões que tratam de um mesmo aspecto;
- o protocolo deve ser aplicado a uma amostra significativa e heterogênea;
- a escala já deve estar validada, ou seja, o protocolo realmente mede aquilo que se propõe a medir.

2.4.10 Distância Mahalanobis

Distância Mahalanobis é a distância entre um ponto qualquer do conjunto de dados e o centroide do espaço multivariado, e é geralmente utilizada na detecção e identificação de *outliers* na ACP. Supondo um conjunto de dados univariado, a distância entre dois pontos é simplesmente a diferença (ou valor absoluto) entre seus valores, já em um conjunto multivariado, para se obter tal distância deve-se considerar, não somente as variâncias das variáveis, mas também suas covariâncias e correlações (RENCHE, 2002).

A distância Euclidiana entre dois vetores univariados Y_1 e Y_2 é dada por $(Y_1 - Y_2)(Y_1 - Y_2)$ e não é uma medida adequada de distância para conjuntos correlacionados, uma vez que negligência a informação contida na matriz de variância-covariância dos dados destes vetores. Para contornar esse problema, utiliza-se a sua padronização por meio da inserção do inverso da matriz de covariância.

Assim, a Distância Mahalanobis é obtida a partir da equação (74):

$$Y_i = \sqrt{(Y_i - \bar{Y})' S^{-1} (Y_i - \bar{Y})} \quad (74)$$

Onde: Y_i = vetor de dados da linha i ; $\bar{Y}$ = vetor de médias; S^{-1} = inverso da matriz de variância-covariância amostral.

De acordo com a Equação (74), se uma variável aleatória tiver uma variância maior que outra, ela receberá peso relativamente menor. Similarmente, duas variáveis altamente correlacionadas não contribuem tanto quanto duas variáveis que são menos correlacionadas, dessa forma, o uso do inverso da matriz de covariância no cálculo da distância Mahalanobis padroniza todas as variáveis para a mesma variância e elimina as correlações.

O método avalia uma variável por vez, considerando as diferentes escalas entre elas e as correlações existentes.

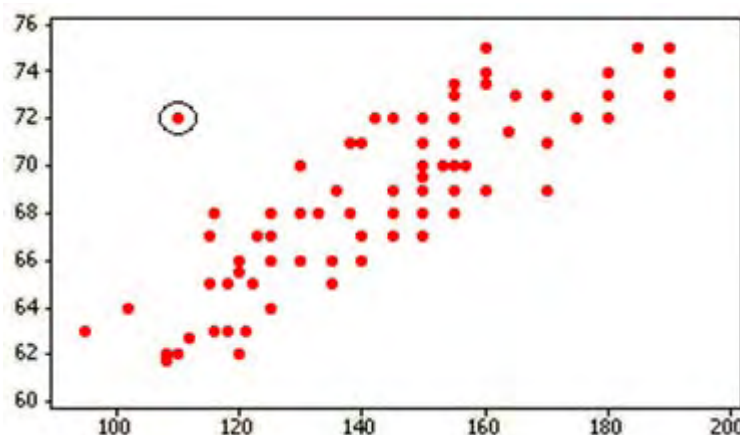


FIGURA 19 – *Outlier* detectado pelo método da Distância de Mahalanobis (PAIVA, 2012)

Observando-se o gráfico de dispersão representado pela Figura 19, percebe-se, claramente, que o ponto marcado não se encaixa adequadamente à estrutura de correlação existente entre as variáveis X e Y . Analisados individualmente, nem o valor de X , nem o de Y ,

podem ser considerados incomuns. Entretanto, a Distância Mahalanobis para esse ponto é bastante grande.

Segundo Rencher (2002), será considerado um outlier o ponto cuja distância Mahalanobis multivariada for maior que o valor x em uma distribuição F , com $P(X < x) = 0.95$, onde X tem distribuição $F(k, n-k-1)$, com k variáveis e n linhas.

2.5 Considerações Finais do Capítulo

Nos tópicos anteriores, foram discutidos os conceitos fundamentais e necessários para o desenvolvimento do indicador multivariado, objetivo central desta tese. O primeiro conceito tratado foi a Gestão do Conhecimento, com uma visão geral com relação às práticas e modelos voltados para a geração e utilização de diversos tipos de conhecimentos.

A Aprendizagem Organizacional, segundo conceito tratado, é considerada uma das principais facilitadora da Gestão do Conhecimento, por proporcionar condições para a criação destes ambientes voltados ao conhecimento, fato este de grande importância o que justifica sua utilização nesta pesquisa.

O terceiro conceito definido foi a Correlação Policórica por Máxima Verossimilhança, este método mostrou-se adequado às análises de protocolos de dados ordinais. Sua aplicação aliada a métodos de estatística multivariada, quarto tópico tratado, com foco para a Análise de Componentes Principais, permitiram o desenvolvimento do indicador multivariado que será descrito no capítulo a seguir.

CAPÍTULO 3 PROPOSTA DE TESE

Esta tese visa desenvolver um novo indicador de diagnóstico de práticas da Aprendizagem Organizacional nas organizações, por meio da criação e utilização de um indicador multivariado por meio da Correlação Policórica por Máxima Verossimilhança (CPMV) e da Análise de Componentes Principais (ACP) de dados ordinais.

Para tanto, foram utilizados de dados secundários para se obter um protocolo OLS previamente respondido. A partir destes dados ordinais, determina-se a matriz de correlação policórica, a partir da qual podem ser extraídos os componentes principais relativos às 20 questões do protocolo. Os escores significativos da matriz de correlação policórica serão aglutinados, considerando os respectivos autovalores como pesos. Esta soma ponderada comporá o que denominará de “Indicador Multivariado Policórico – (IMP)”. A Figura 20 ilustra resumidamente o procedimento de obtenção do IMP.

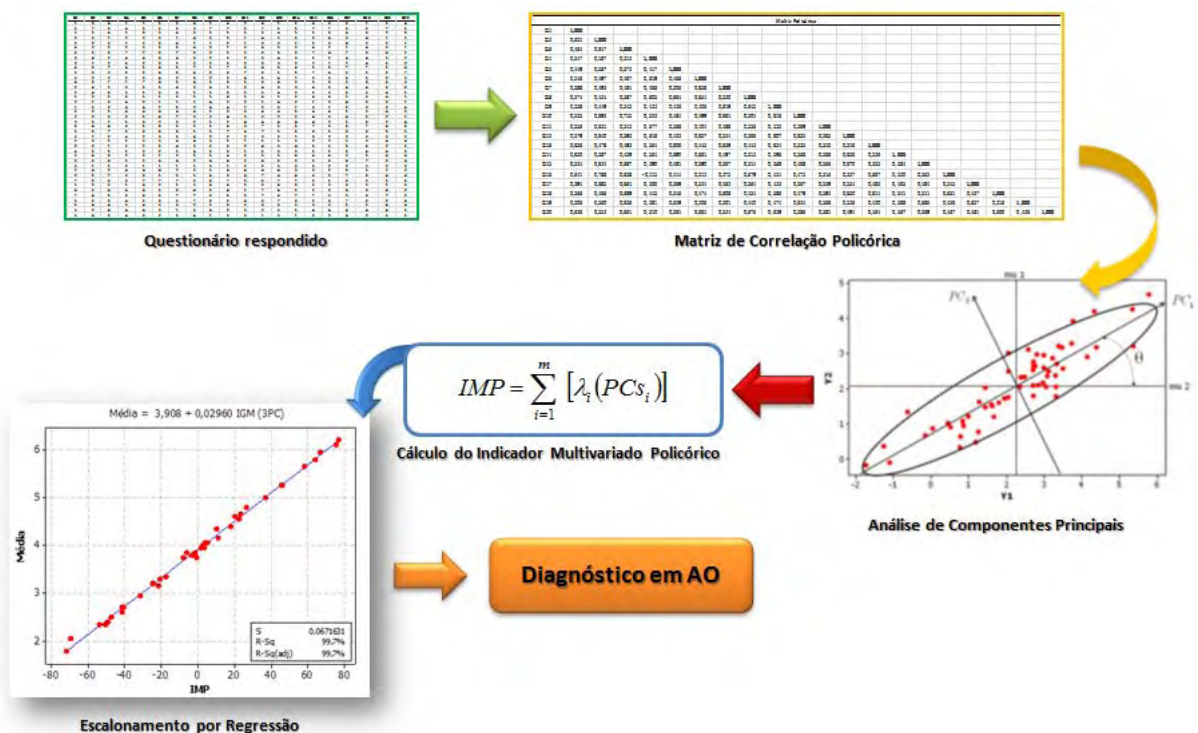


FIGURA 20 – Resumo gráfico para o método de diagnóstico em Aprendizagem Organizacional

Assim, nos tópicos que se seguem, serão descritos os métodos para obtenção do Indicador Multivariado Policórico, a definição das variáveis a serem estudadas e o desenvolvimento das simulações de diferentes cenários que auxiliarão na compreensão da sensibilidade do indicador IMP.

3.1 Simulações

Neste tópico, serão apresentados os procedimentos para a construção das simulações de resposta com base no protocolo apresentado por Ribeiro Jr. e Stano (2010), que compõe o processo de avaliação do IMP como indicador multivariado para o diagnóstico da AO.

Este estudo permite avaliar a extensão da proposta, bem como a capacidade de generalização do índice frente aos diferentes diagnósticos. Isso se faz necessário tendo em vista que a simulação permite uma maior cobertura de diferentes condições experimentais que, por outro lado, não seria possível serem analisadas utilizando-se apenas um conjunto restrito de dados reais.

Sendo assim, observando diversos cenários, as simulações permitem uma análise de sensibilidade, ao se realizar modificações controladas no perfil do respondente para avaliar o comportamento do indicador frente a tais modificações.

3.1.1 Desenvolvimento da Simulação

Inicialmente, deve-se identificar quais são as variáveis que geram os diferentes cenários. Assim, o bom ou mau desenvolvimento do protocolo, bem como a boa ou má compreensão do mesmo por parte dos diversos respondentes, definirão a correlação entre as questões e a variação intra e inter-respondentes. Como exemplo, casos os quais as médias são altas e possuem bastante consistência, ou seja, baixa variação, ou ainda, casos com médias razoáveis, mas com grande variação.

Logo, alguns aspectos devem ser observados:

- as médias das repostas por questão e por respondente;
- a estrutura de correlação do protocolo;
- a variação intra e inter-respondente dada pela estrutura da matriz de variância-covariância;
- a confiabilidade interna do protocolo.

Neste contexto, as variáveis a serem consideradas no estudo são:

- X_1 = Coeficiente de Correlação – R;
- X_2 = Coeficiente de Variação – CV.

Portanto, definidas as variáveis deste estudo, calcula-se o número viável de cenários necessários para avaliar todas as variáveis, para tanto, utilizou-se como estratégia de simulação a Metodologia de Superfície de Resposta, que permite avaliar com uma quantidade reduzida de simulações, em função da ordem da matriz de variância-covariância, toda região de possibilidades, interpolando de maneira não linear todas as soluções, agrupando-as em cinco níveis no espaço de solução.

Sendo assim, aplicou-se um arranjo experimento derivado da MSR denominado *Central Composite Design* (CCD), para a construção de um modelo de segunda ordem (quadrático) para a variável resposta, sem a necessidade de um experimento fatorial completo. Esses níveis são definidos como sendo uma faixa razoável da distância axial em termos quantificáveis dos dados por $\sqrt[4]{2^k}$, como exemplo neste estudo, para o coeficiente de variação o nível zero é igual a 20%, o nível +1 é igual a 34,1% e o nível -1 é igual a 5,9%. Os níveis experimentais definidos estão expressos pela Tabela 2.

TABELA 2 – Níveis de Correlação e Coeficientes de Variação definidos pelo CCD

R	CV%	<i>Coded Units</i>	<i>Coded Units</i>
0.600	0.100	-0.707	-0.707
0.900	0.100	0.707	-0.707
0.600	0.300	-0.707	0.707
0.900	0.300	0.707	0.707
0.538	0.200	-1.000	0.000
0.962	0.200	1.000	0.000
0.750	0.059	0.000	-1.000
0.750	0.341	0.000	1.000
0.750	0.200	0.000	0.000
0.750	0.200	0.000	0.000
0.750	0.200	0.000	0.000
0.750	0.200	0.000	0.000
0.750	0.200	0.000	0.000

Definidos os cenários de estudo, foi definido que para uma melhor cobertura da região de solução seriam necessárias 26 condições a serem simuladas. Para tanto, foi desenvolvido o método para a realização das simulações, conforme o fluxograma da Figura 21.

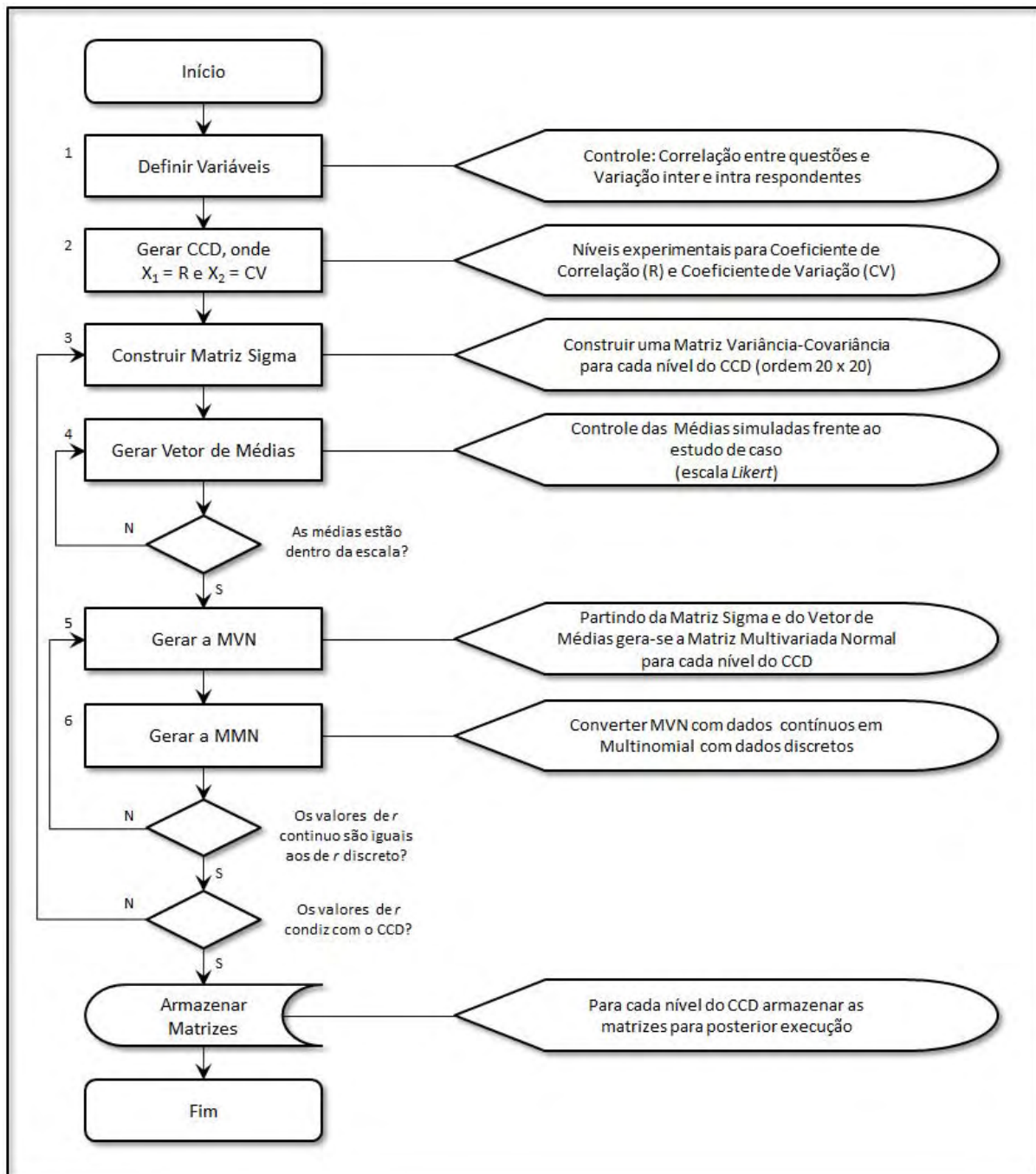


FIGURA 21 – Fluxograma para o desenvolvimento das simulações

Assim, para gerar a matriz de variância-covariância, foram extraídas e adaptadas do protocolo de Ribeiro Jr. e Stano (2010) as variâncias de 20 questões que, juntamente com cada nível de correlação definido pelo CCD, mais a réplica, gerou uma matriz variância-covariância de ordem 20x20. Como exemplo, a Tabela 3 traz um fragmento de uma matriz sigma gerada, a matriz completa pode ser observada no apêndice A.

TABELA 3 – Fragmento da Matriz Variância-Covariância (Sigma)

$\sigma I-1$	$\sigma I-2$	$\sigma I-3$	$\sigma I-19$	$\sigma I-20$
2,480	0,984	1,604	2,042	1,798
0,984	0,695	0,849	1,081	0,952
1,604	0,849	1,845	1,761	1,551
2,272	1,203	1,960	2,494	2,197
2,070	1,096	1,785	2,272	2,001
1,894	1,003	1,634	2,079	1,831
2,085	1,104	1,799	2,289	2,016
2,014	1,066	1,737	2,210	1,947
2,132	1,128	1,839	2,340	2,061
2,147	1,136	1,852	2,357	2,076
1,949	1,032	1,682	2,140	1,885
1,927	1,020	1,662	2,115	1,863
2,240	1,186	1,933	2,459	2,166
2,062	1,092	1,779	2,264	1,994
1,939	1,026	1,673	2,128	1,874
1,680	0,889	1,449	1,844	1,624
2,033	1,076	1,753	2,231	1,965
1,889	1,000	1,630	2,074	1,826
2,042	1,081	1,761	2,988	1,974
1,798	0,952	1,551	1,974	2,318

Em seguida, foram geradas médias, por meio do cálculo do desvio padrão das questões do protocolo base e que, juntamente com os níveis de coeficiente de variação definidos pelo CCD, geraram vetores de maneira aleatória, sendo necessária à verificação se estes estavam dentro da escala do protocolo (*Likert* de 1 a 7).

Em seguida, sendo aceita a condição de limite da escala, foram geradas matrizes multivariadas normais (MVN), na dimensão de 20 questões com 40 respondentes. A Tabela 4 traz um fragmento dessa matriz, e sua versão completa pode ser observada no apêndice B.

TABELA 4 – Fragmento da Matriz Multivariada Normal

MVN 1	MVN 2	MVN 3	MVN 19	MVN 20
2,602	3,203	3,235	4,074	4,012
3,281	2,935	2,802	2,839	3,971
3,842	3,786	3,766	3,919	4,556
2,606	2,754	2,879	3,270	3,207
3,079	3,074	2,462	2,396	4,342
2,780	1,553	1,917	1,409	1,000
2,388	2,870	2,543	3,034	2,788
1,905	2,285	2,327	1,636	2,846
3,080	1,846	3,317	2,711	3,339
5,311	4,265	3,954	3,669	4,790
2,809	3,545	2,465	2,813	2,743
3,577	1,980	2,334	2,073	3,541
1,689	1,000	2,423	3,000	2,155
2,000	1,955	1,575	2,938	2,344
2,223	1,830	1,000	1,902	2,349

Após a geração das matrizes multivariadas normais, foi necessário converter os dados contínuos em dados ordinais, na ordem da escala de *Likert*. Para tanto, foi utilizada uma distribuição de frequência de tal maneira que se preservasse a estrutura de correlação e covariância dos mesmos. A Tabela 5 traz um exemplo dessa conversão.

TABELA 5 – Distribuição de frequência para conversão de dados contínuos para dados ordinais

Transformação para <i>Likert</i>				
Max	7,000	1,000	1,857	1
Min	1,000	1,857	2,714	2
Range	6	2,714	3,571	3
h:	0,857	3,571	4,429	4
		4,429	5,286	5
		5,286	6,143	6
		6,143	7,000	7

Dessa maneira, essas matrizes tornaram-se matrizes multinomiais, sendo a representação simulada da aplicação do protocolo (atividade 6 do fluxograma). A Tabela 6 traz um fragmento do resultado da transformação; a Tabela completa pode ser vista no apêndice C.

TABELA 6 – Fragmento do Protocolo Simulado

MMN 1	MMN 2	MMN 3	MMN 19	MMN 20
2	3	3	4	4
3	3	3	3	4
4	4	4	4	5
2	3	3	3	3
3	3	2	2	4
3	1	2	1	1
2	3	2	3	3
2	2	2	1	3
3	1	3	2	3
6	4	4	4	5
3	3	2	3	3
4	2	2	2	3
1	1	2	3	2
2	2	1	3	2
2	1	1	2	2

Todos os protocolos simulados tiveram seu nível de correlações testado para verificar se os mesmos se mantinham dentro dos níveis definidos no CCD. Para tanto, a correlação foi calculada por meio da extração da matriz policórica de máxima verossimilhança, utilizando o *software* LISREL em sua versão estudante livre. As Figuras 22 e 23 exemplificam o procedimento de obtenção da matriz policórica.

	VAR1	VAR2	VAR3	VAR4	VAR5	VAR6	VAR7	VAR8	VAR9	VAR10	VAR11
1	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
2	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
3	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
4	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
6	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
7	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
8	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
9	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
10	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
11	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
12	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
13	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
14	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
15	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
16	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
17	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
18	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
19	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
20	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

FIGURA 22 – Tela com os dados de entrada no software LISREL

	VAR1	VAR2	VAR3	VAR4	VAR5	VAR6
VAR1	1.000					
VAR2	0.663	1.000				
VAR3	0.798	0.694	1.000			
VAR4	0.737	0.737	0.830	1.000		
VAR5	0.755	0.757	0.892	0.805	1.000	
VAR6	0.693	0.667	0.757	0.677	0.678	1.000
VAR7	0.775	0.772	0.811	0.744	0.755	0.742
VAR8	0.858	0.764	0.784	0.786	0.781	0.789
VAR9	0.704	0.652	0.795	0.768	0.740	0.783
VAR10	0.500	0.745	0.742	0.745	0.833	0.633
VAR11	0.649	0.657	0.653	0.655	0.721	0.653
VAR12	0.651	0.578	0.679	0.665	0.660	0.652
VAR13	0.619	0.714	0.657	0.609	0.767	0.531
VAR14	0.679	0.766	0.718	0.724	0.795	0.799
VAR15	0.773	0.796	0.811	0.792	0.795	0.775
VAR16	0.698	0.722	0.775	0.740	0.785	0.518
VAR17	0.820	0.672	0.829	0.781	0.843	0.761
VAR18	0.697	0.715	0.753	0.726	0.733	0.885
VAR19	0.734	0.814	0.756	0.770	0.692	0.791
VAR20	0.790	0.705	0.845	0.821	0.587	0.692

FIGURA 23 – Tela do software LISREL com a matriz policórica

3.1.2 Execução das Simulações

Após o desenvolvimento das simulações de protocolos, foram realizados diversos cálculos para a execução e posterior análise destes cenários por meio do método de análise estatística. Para tanto, foi desenvolvido o fluxograma do método de execução, conforme mostra a Figura 24.

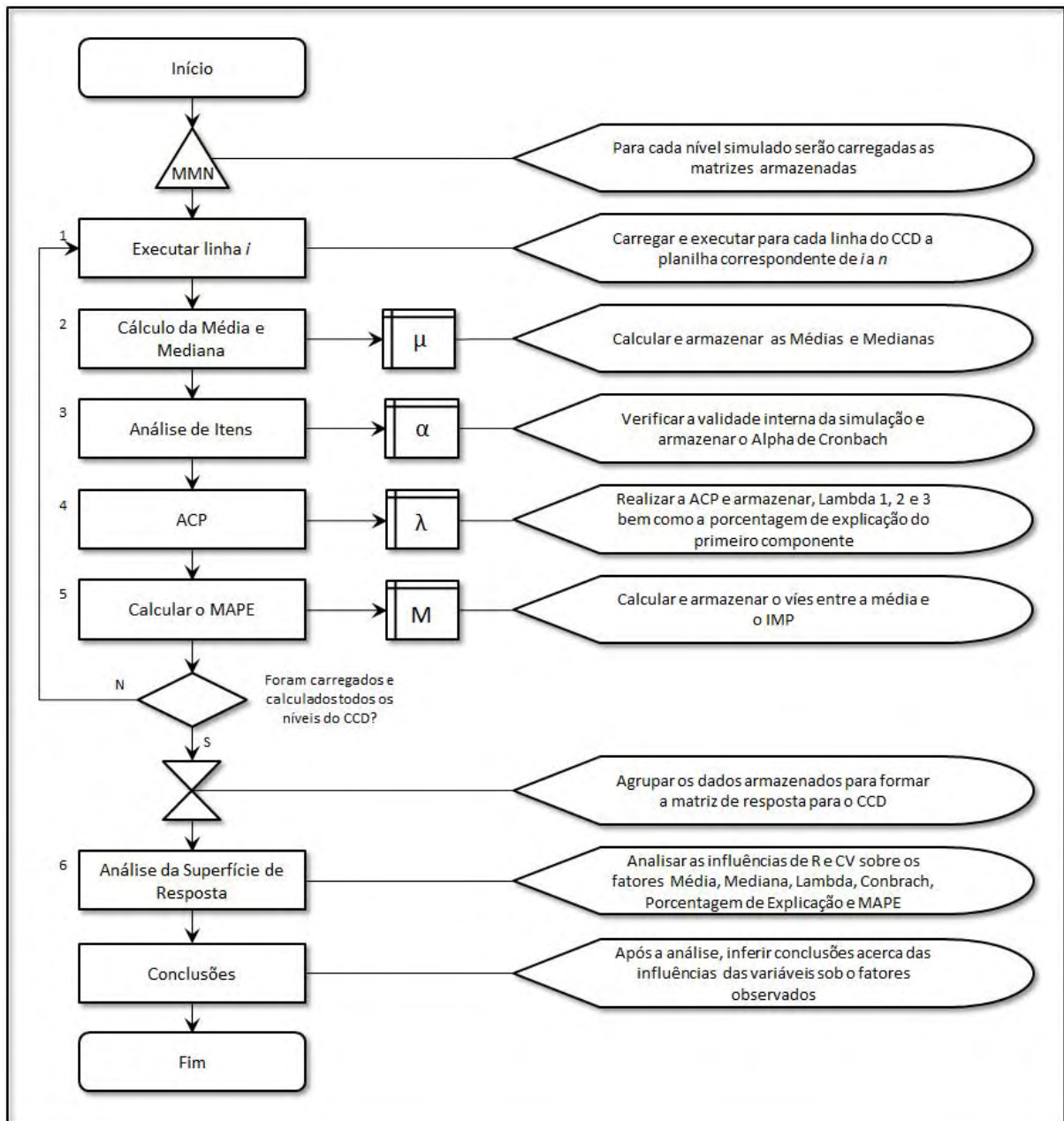


FIGURA 24 – Execução do CCD por meio dos protocolos simulados

O primeiro passo é carregar a matriz multinomial armazenada, a qual representa a primeira linha do CCD. Dessa forma, são calculadas a média (apesar de incorreto o cálculo de médias para dados ordinais, utilizou-se este artifício apenas como forma de comparação devido a sua comum utilização) e mediana, sendo estas armazenadas como respostas para a primeira linha do CCD.

Em seguida, calculou-se a validade interna deste protocolo simulado, por meio do α de Cronbach. Percebeu-se que em todas as simulações os índices se apresentaram altos, acima de 94%. Posteriormente foi realizada a ACP, nela foram calculados os autovalores λ_1 , λ_2 e λ_3 , o nível de explicação do primeiro componente principal.

Também foi calculado o Percentual de erro médio absoluto – MAPE (MYNSBRUGGE, 2010) para o IPM utilizando-se 2 e 3 componentes, onde o MAPE é o viés entre a média e o IPM, dado pelo IPM subtraído e dividido pela média, conforme a equação (75):

$$MAPE = \left| \frac{x_i - \bar{x}}{\bar{x}} \right|$$

(75)

Onde x_i é o dado e $\bar{x}$ é a média dos dados.

Assim, armazenando-se os dados, foram executadas todas as linhas do CCD de forma a avaliar a interação entre os fatores de influência sobre as respostas armazenadas, conforme mostra a Tabela 7.

TABELA 7 – Resultados dos testes realizados nos protocolos simulados

Fatores						Respostas			
Exp.	R	CV%	λ_1	λ_2	λ_3	Expl.	α	MAPE 1	MAPE 2
1ª Simulação.	0,600	0,100	10,414	1,650	1,211	73%	0,947	1,33%	1,43%
	0,900	0,100	17,723	0,464	0,355	94%	0,991	0,16%	0,22%
	0,600	0,300	11,627	1,249	1,084	79%	0,959	0,99%	0,84%
	0,900	0,300	18,201	0,382	0,258	96%	0,992	0,21%	0,20%
	0,538	0,200	10,344	1,424	1,121	74%	0,951	0,95%	1,02%
	0,962	0,200	19,208	0,219	0,150	98%	0,996	0,09%	0,10%
	0,750	0,059	15,056	0,707	0,587	89%	0,979	0,28%	0,41%
	0,750	0,341	15,466	0,823	0,568	89%	0,981	0,37%	0,42%
	0,750	0,200	15,057	0,855	0,762	87%	0,981	0,45%	0,68%
	0,750	0,200	15,040	0,773	0,615	88%	0,979	0,28%	0,36%
	0,750	0,200	14,443	0,825	0,734	87%	0,974	0,48%	0,62%
	0,750	0,200	14,575	0,903	0,748	86%	0,977	0,55%	0,65%
	0,750	0,200	12,738	1,041	0,901	82%	0,970	0,67%	0,59%

TABELA 7 – Resultados dos testes realizados nos protocolos simulados (Continuação)

	Fatores					Respostas			
2ª. Simulação	0,600	0,100	11,653	1,094	0,889	80%	0,951	0,72%	0,88%
	0,900	0,100	16,851	0,938	0,637	90%	0,987	0,16%	0,16%
	0,600	0,300	13,468	1,052	0,844	84%	0,971	0,47%	0,49%
	0,900	0,300	18,449	0,310	0,237	96%	0,994	0,13%	0,11%
	0,538	0,200	10,425	1,424	1,248	74%	0,946	0,59%	0,80%
	0,962	0,200	19,241	0,224	0,155	97%	0,995	0,09%	0,08%
	0,750	0,059	15,664	0,670	0,526	90%	0,982	0,38%	0,38%
	0,750	0,341	15,664	0,670	0,526	90%	0,979	0,27%	0,21%
	0,750	0,200	14,229	0,830	0,721	87%	0,978	0,34%	0,44%
	0,750	0,200	13,068	1,175	1,044	81%	0,969	0,57%	0,67%
	0,750	0,200	14,306	0,886	0,828	86%	0,976	0,44%	0,65%
	0,750	0,200	15,268	0,851	0,560	89%	0,981	0,46%	0,62%
	0,750	0,200	13,451	0,991	0,916	84%	0,972	0,64%	0,72%

Agrupando-se os resultados obtidos por meio da execução do CCD, vide Tabela 6, foi realizada a análise da superfície de resposta. Os principais resultados são:

- Lambda 1 *versus* R e CV: a análise revela por meio da regressão estimada, vide Tabela 8, que a correlação exerce uma forte influência sobre o primeiro autovalor, sendo diretamente proporcional a ele, o que é esperado devido à teoria da ACP. Contudo nota-se uma influência significativa do quadrado do coeficiente de variação. Tal influência pode ser observada na Figura 25.

TABELA 8 – Regressão estimada para a influência de R e CV sobre Lambda 1

Term	Coef	SE Coef	T	P
Constant	14,217	0,241	58,95	0,000
R	4,337	0,270	16,08	0,000
CV	0,502	0,270	1,863	0,077
R*R	0,419	0,409	1,025	0,317
CV*CV	1,077	0,409	2,634	0,016
R*CV	-0,238	0,539	-0,442	0,663
R-Sq	0,931	R-Sq(pred)		0,889
		R-Sq(adj)		91,37%

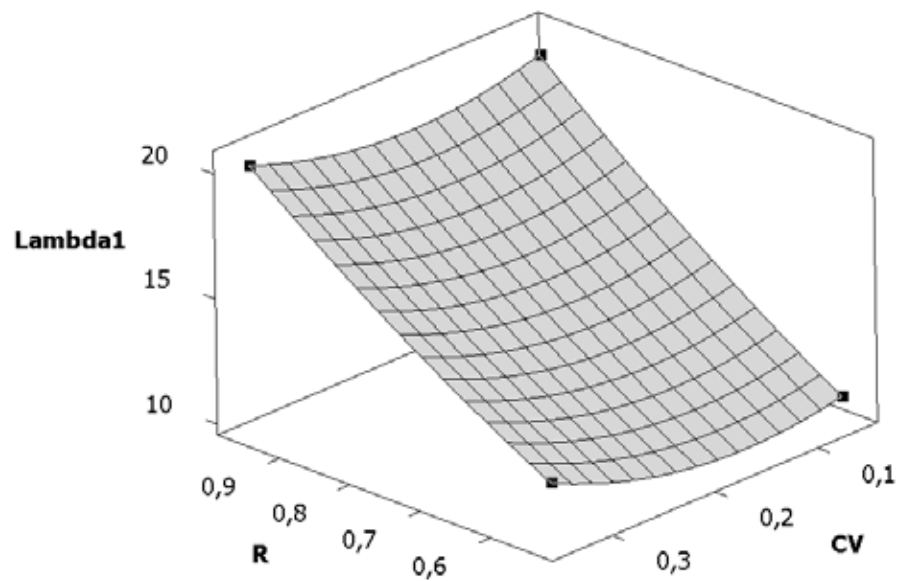


FIGURA 25 – Gráfico de contorno para as influências sobre Lambda 1

- Lambda 2 *versus* R e CV: já para o segundo autovalor, apenas a correlação exerce influência significativa, vide Tabela 9, sendo esta linear e inversamente proporcional, ou seja, quanto maior a correlação menos é necessária à utilização de um segundo componente, o que a teoria já afirmava. A Figura 26 explicita a relação citada.

TABELA 9 – Regressão estimada par a influências de R e VC sobre Lambda 2

Term	Coef	SE Coef	T	P
Constant	0,913	0,055	16,458	0,000
R	-0,562	0,062	-9,055	0,000
CV	-0,087	0,062	-1,408	0,175
R*R	-0,029	0,094	-0,310	0,760
CV*CV	-0,134	0,094	-1,427	0,169
R*CV	-0,067	0,124	-0,537	0,597
R-Sq	81,19%	R-Sq(pred)		63,78%
		R-Sq(adj)		76,48%

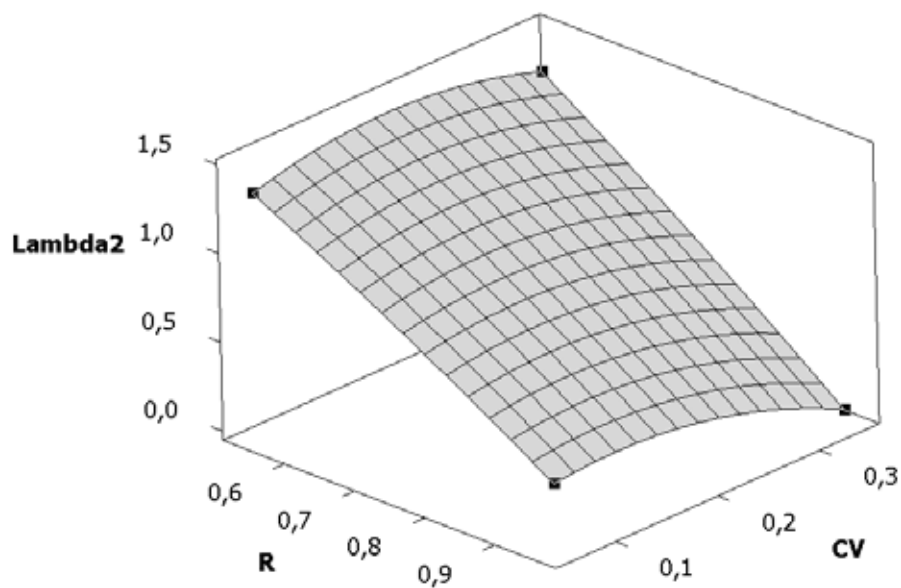


FIGURA 26 – Gráfico de contorno para as influências sobre Lambda 2

Um achado importante desta pesquisa refere-se à análise do primeiro e do segundo autovalor e a sua relação com a validade interna do protocolo. Percebeu-se nas simulações de resposta dos protocolos que os valores obtidos por meio ACP para Lambda 1 e Lambda 2 são proporcionais ao α de Cronbach com um coeficiente de regressão pode ser observado nas Figura 27 e 28 .

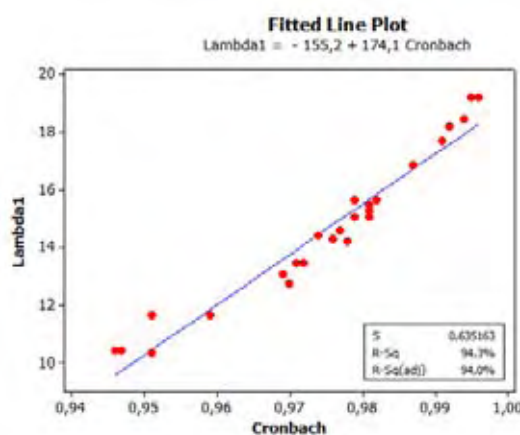


FIGURA 27 – Regressão entre o α de Cronbach e Lambda 1

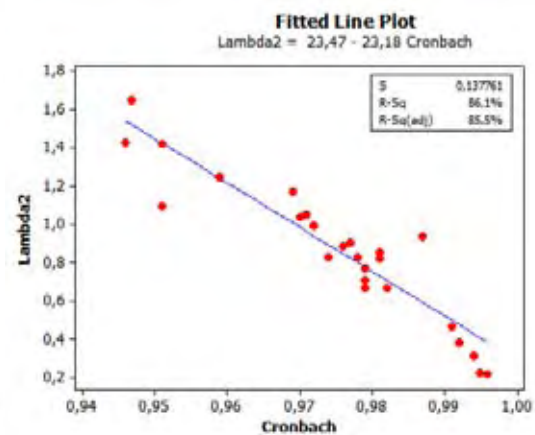


FIGURA 28 – Regressão entre o α de Cronbach e Lambda 2

Dessa forma, podem-se obter informações importantes sobre a validade interna do protocolo, apenas observando o comportamento de Lambda 1 e Lambda 2, à medida que se analisam os componentes principais. As tabelas 10 e 11 apresenta a ANOVA para análise de significância do modelo de regressão.

TABELA 10 – Regressão para α de Cronbach e Lambda 1

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1,000	158,866	158,866	393,79	0,000
Error	24,000	9,682	0,403		
Total	25,000	168,548			
S	0,635	R-Sq	94,3%	R-Sq(adj)	94,0%

TABELA 11 – Regressão para α de Cronbach e Lambda 2

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1,000	2,816	2,816	148,370	0,000
Error	24,000	0,455	0,019		
Total	25,000	3,271			
S	0,138	R-Sq	86,1%	R-Sq(adj)	85,5%

- Lambda 3 versus R e CV: Com relação ao terceiro autovalor, tal como no segundo, a correlação exerce uma influência significativa, linear e inversamente proporcional, vide Tabela 12, o que para ambos os casos, era esperado segundo a teoria da ACP. Porém, faz-se necessária a análise para verificar o critério de KAISER e a composição da soma ponderada do IMP, em vista de níveis médios e baixos de correlação. Contudo, o terceiro autovalor apresenta uma influência do quadrado do coeficiente de variação. Dessa forma, conforme mostra a Figura 29, tal influência ocorre em valores intermediários, cerca de 20%.

TABELA 12 – Regressão estimada par a influências de R e CV sobre Lambda 3

Term	Coef	SE Coef	T	P
Constant	0,783	0,044	17,991	0,000
R	-0,483	0,049	-9,920	0,000
CV	-0,062	0,049	-1,266	0,220
R*R	-0,074	0,074	-1,009	0,325
CV*CV	-0,191	0,074	-2,595	0,017
R*CV	-0,082	0,097	-0,838	0,412
R-Sq	84,36%	R-Sq(pred)		73,74%
		R-Sq(adj)		80,45%

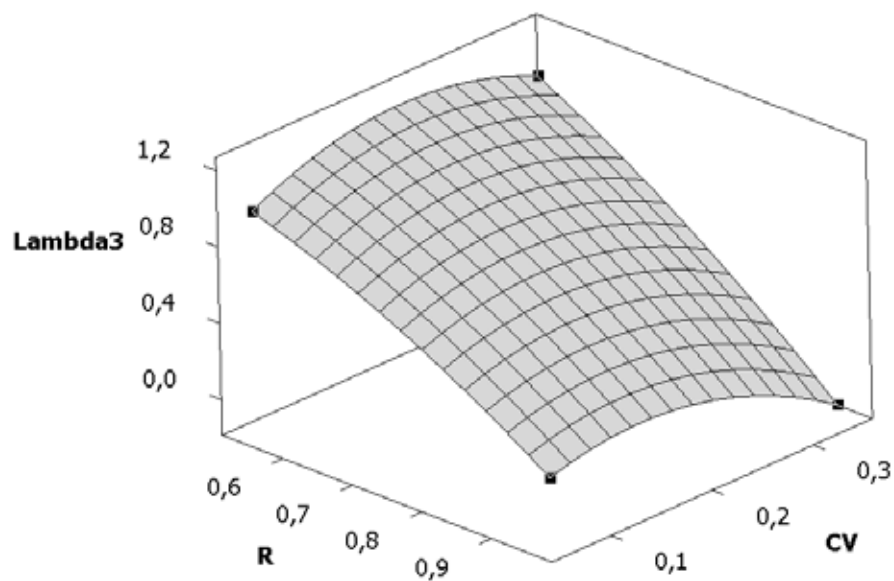


FIGURA 29 – Gráfico de contorno para as influências sobre Lambda 3

- Porcentagem de Explicação do primeiro componente versus R e CV: em continuidade nas análises, observa-se uma influência significativa da correlação e sobre a porcentagem de explicação, conforme a Tabela 13. O que vale ressaltar são os níveis de explicação para as correlações médias e baixas, abaixo de 80%, o que justifica a utilização da soma ponderada na composição do IMP. O efeito quadrático do coeficiente de variação também exerce certa influência neste caso. Mas, como pode ser observado na Figura 30, seu gráfico possui uma forma mais achatada, ou seja, apesar de significativa, tal influência é fraca.

TABELA 13 – Regressão estimada par a influências de R e CV sobre Porcentagem de Explicação

Term	Coef	SE Coef	T	P
Constant	0,857	0,009	99,912	0,000
R	0,112	0,010	11,691	0,000
CV	0,015	0,010	1,604	0,124
R*R	-0,006	0,015	-0,404	0,691
CV*CV	0,034	0,015	2,319	0,031
R*CV	-0,005	0,019	-0,259	0,798
R-Sq	87,89%	R-Sq(pred)		79,13%
		R-Sq(adj)		84,87%

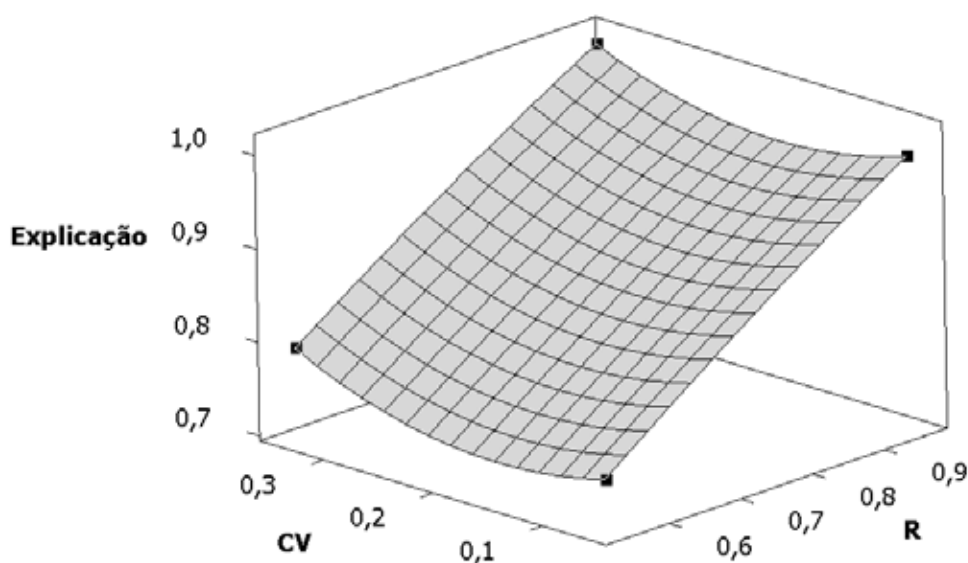


FIGURA 30 – Gráfico de contorno para as influências sobre a Porcentagem de Explicação

- α de Cronbach versus R e CV: na análise realizada, buscou-se observar a influência da correlação sobre a validade interna do protocolo, o α de Cronbach. A Tabela 14 explicita os coeficientes analisados. Nota-se que a porcentagem de explicação é diretamente proporcional à correlação. Contudo há uma leve curvatura em ambos os eixos, vide Figura 31, o que denota que possivelmente em análises com amostras maiores, possa haver uma influência do quadrado da correlação e a interação desta com o coeficiente de variação.

TABELA 14 – Influências sobre α de Cronbach

Term	Coef	SE Coef	T	P
Constant	0,976	0,001	684,968	0,000
R	0,024	0,002	14,937	0,000
CV	0,003	0,002	2,153	0,044
R*R	-0,005	0,002	-1,977	0,062
CV*CV	0,003	0,002	1,439	0,166
R*CV	-0,006	0,003	-1,899	0,072
R-Sq	92,25%	R-Sq(pred)		86,44%
		R-Sq(adj)		90,32%

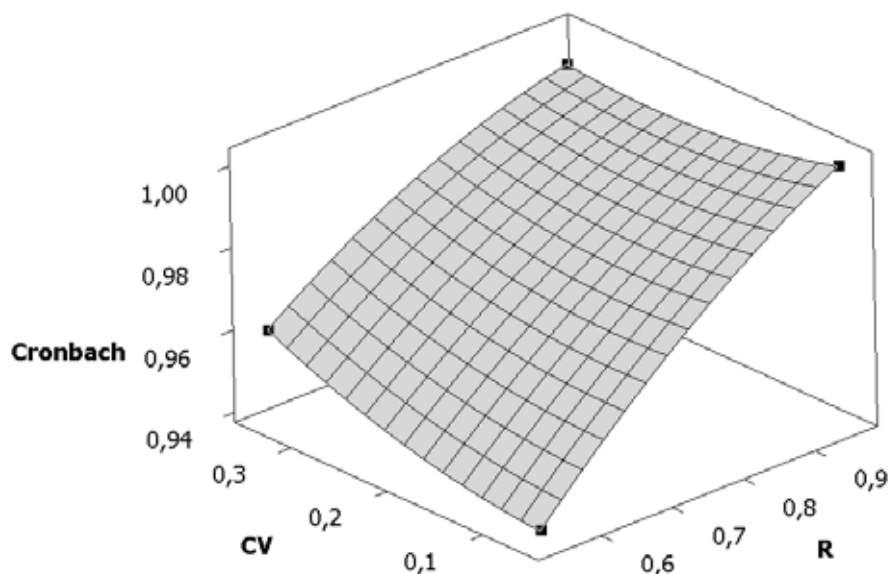


FIGURA 31 – Gráfico de contorno para as influências sobre a validade interna do protocolo

3.1.3 Resumo das Análises Estatísticas das MSR's

Neste tópico será apresentado um resumo dos principais resultados referente às análises estatísticas realizadas por meio da metodologia de superfície de resposta (MSR), com o objetivo de esclarecer e complementar a contribuição das variáveis envolvidas na simulação para com a formação do IMP.

Durante as simulações pode-se avaliar o relacionamento entre as variáveis Coeficiente de Correlação – R, e Coeficiente de Variação – CV, em relação às variáveis de resposta os auto valores Lambda 1, Lambda 2, Lambda 3, a Porcentagem de Explicação, α de Cronbach e MAPE.

Os auto valores são os principais formadores do IMP, conforme pode-se observar na definição do conceito de IGM. Assim, conforme as simulações realizadas, o Lambda 1 possui uma relação linear forte com a variável R, ou seja, quanto maior a correlação R maior será o Lambda 1. Já para os demais auto valores, Lambda 2 e Lambda 3, essa relação é expressa também de maneira linear, contudo, inversa.

Isso pode ser explicado tomando-se os conceitos de correlação e ACP, pois a correlação é uma medida de associação entre variâncias, enquanto a ACP busca explicar a variabilidade de um determinado sistema por meio de combinações lineares em um número mínimo de componentes, logo, quanto maior a correlação menores serão os valores dos demais auto valores. Portanto, é esperado que a correlação R seja um fator importante na formação do IMP, justificado pela relação direta entre ela e o primeiro autovalor.

Em relação ao coeficiente de variação, nenhuma relação significativa entre ele e os auto valores foi identificada, contudo, ao observar a interação quadrática deste coeficiente, foi percebido que de fato há uma relação entre o mesmo e os auto valores Lambda 1 e Lambda 3, tal relação é expressada por uma curva com inflexão negativa para Lambda 1 e positiva para Lambda 3, com ambos os pontos máximos próximos a um coeficiente de variação de 20%.

A porcentagem de explicação está relacionada ao primeiro auto valor, Lambda 1, e mede em termos de porcentagem a variabilidade dos dados do sistema que pode ser associada a este auto valor. Dessa forma, pode-se analisar a porcentagem de explicação de maneira idêntica ao relacionamento entre o Lambda 1 e as variáveis R e CV. Tal análise se deu apenas como um estudo para avaliar o comportamento do IMP em vista do critério de Kaiser, justificando a utilização da soma ponderada dos demais auto valores.

Para o coeficiente α de Cronbach, é uma medida de associação de variáveis que revela a precisão de protocolos, e foi utilizada nas simulações para avaliar se o IMP era condizente com tal característica. Sua relação com a variável R foi identificada como linear e diretamente proporcional, isso ocorre devido o α de Cronbach também ser uma medida de associação de variâncias intra e entre respondentes.

Um achado inesperado foi a identificação do relacionamento entre α de Cronbach e os auto valores, Lambda 1 e Lambda 2. Foi percebido que a medida que o Lambda 1 aumenta e Lambda 2 diminui, cresce a confiabilidade do instrumento. Portanto, pode-se ter informações com relação a confiabilidade do protocolo apenas estudando o comportamento dos auto valores, um Lambda 2 muito alto, significa que o protocolo necessita de revisão, pois não está aderente a sua estrutura de arguição.

Com relação às análises do relacionamento do Percentual de erro médio absoluto – MAPE e do Percentual de Erro Médio Absoluto – MAPE, pode-se observar que ambos possuem um estreito relacionamento com o coeficiente de correlação, a medida que a correlação diminui eles aumentam proporcionalmente.

O MAD médio observado nas simulações é da ordem de 0,5%, para o MAPE observou-se que ele assume uma região crítica para correlações com coeficiente abaixo de 62% e a maior porcentagem de erro foi observada para o coeficiente de correlação de 54%. A Figura 32 revela a por meio da área hachurada a região crítica para o MAPE e a linha vermelha representa o máximo de MAPE para a correlação dada.

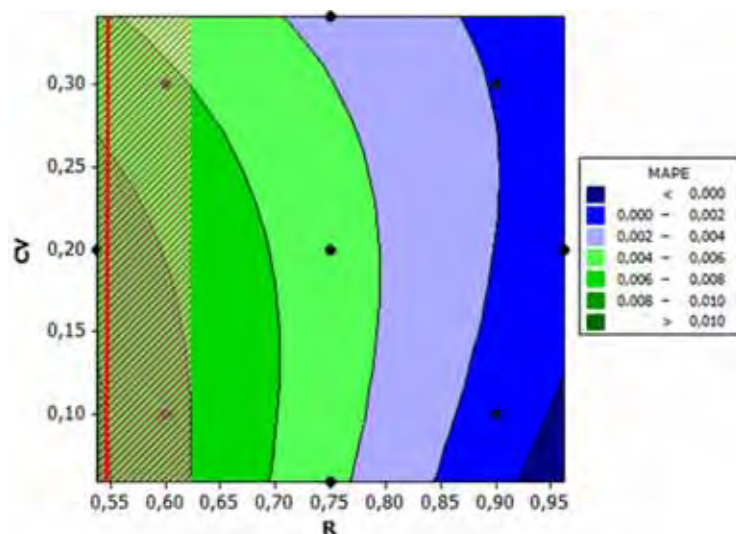


FIGURA 32 – Gráfico de contorno para as influências sobre a validade interna do protocolo

Revisadas as análises de MSR e esclarecidos certos pontos de interesse desta pesquisa de tese, há ainda a necessidade de se observar alguns pontos relativos ao desenvolvimento das simulações, são elas:

- Há diferenças sensíveis entre a extração de componentes pelo método da correlação policórica e pela correlação de Pearson. Utilizando a correlação de Pearson mesmo cenário de simulação foi necessário um número maior de componentes para explicar a variabilidade dos dados, por volta de 6, enquanto que para a correlação Policórica, houve em todos os casos a necessidade de apenas 3 componentes;
- Em relação ao questionário real, os achados observados nas simulações se confirmaram, pois o cenário simulado o coeficiente de correlação mais próximo da realidade era com 60% de correlação e apresentou um MAD de 1,33%. Já para o caso real, com 62% de correlação, apresentou um MAD de 2,52%;
- Um fato importante a ser ressaltado com relação às análises realizadas nesta pesquisa de tese, é a real possibilidade da negligência da estrutura de correlação e da heteroscedasticidade das variáveis multinomiais implicar em uma alteração de um diagnóstico. Como observado no item 2.4.6, um pequeno número de observações pode não refletir em mudanças sensíveis nas análises, contudo ao se avaliar um número maior de observações, aproxima-se os dados de uma homocedasticidade das variáveis multinomiais, possibilitando uma análise mais precisa;
- Em relação ao diagnóstico a mudança mais proeminente observada na aplicação ao LNA, foram com relação às dimensões, anteriormente o LNA contava com 3 boas

dimensões, quando de fato possuía apenas duas dimensões medianas e três que necessitavam de atenção;

- Dessa forma, IMP, contribui diferenças mesmo que mínimas o que auxilia em uma melhor preparação e análise de diagnósticos, contribuindo também para tomada de decisão em termos orientar possíveis ações voltadas para AO/GC.

3.2 Fluxograma do Método

Realizadas as simulações e compreendidos as relações entre essas variáveis e sua influência no processo de obtenção do indicador Multivariado Policórico – IMP, foi desenvolvido um fluxo explicativo deste processo, de maneira que sua replicação possa ser sistematizada. Dessa forma, segue a descrição do procedimento e sua representação pela Figura 33.

1. a primeira condição do método a ser cumprida é a definição do número mínimo de respondentes que, segundo Olsson (1979), para a CPMV é de 30 respondentes;
2. em seguida, aplica-se o protocolo de escala ordinal a um grupo de interesse, cujos resultados tabulados originam a matriz de dados;
3. deve-se calcular a distância Mahalanobis (para maiores informações *vide* anexo I), para tratamento de *outliers*, os quais serão identificados e retirados de forma a se obter uma melhor estrutura dos dados com relação às informações estatística tais como, média, mediana, variância, dentre outros;
4. em continuidade, a média e mediana de cada questão são calculadas e armazenadas, estas estatísticas subsidiam posteriormente o escalonamento do indicador, bem como uma análise dos vieses existentes;
5. por meio do *software* LISREL[®], extrai-se a matriz de correlação policórica por máxima verossimilhança;
6. de posse da matriz de correlação policórica, realiza-se a ACP por meio do *software* Minitab[®], extraindo-se os autovalores e autovetores, bem como a porcentagem de explicação;
7. verificados os componentes principais significativos, selecionam-se aqueles cuja soma de suas porcentagens de explicação atingem valores maiores ou iguais a 80%, conforme critério de Kaiser (PAIVA, 2006);
8. assim, por meio de uma soma ponderada dos componentes principais significativos é calculado o Indicador Multivariado Policórico;

9. este resultado ainda é expresso em termos de componentes principais, ou seja, os valores são adimensionais, portanto, deve-se escalonar este resultado de forma a se ajustar a escala ordinal de *Likert* por meio de regressão;
10. por fim, tendo os resultados do IMP nos termos da escala ordinal, pode-se realizar o diagnóstico de maneira generalizada, dividido por dimensões ou por questões individuais.

A Figura 33 explicita o fluxograma para o método proposto.

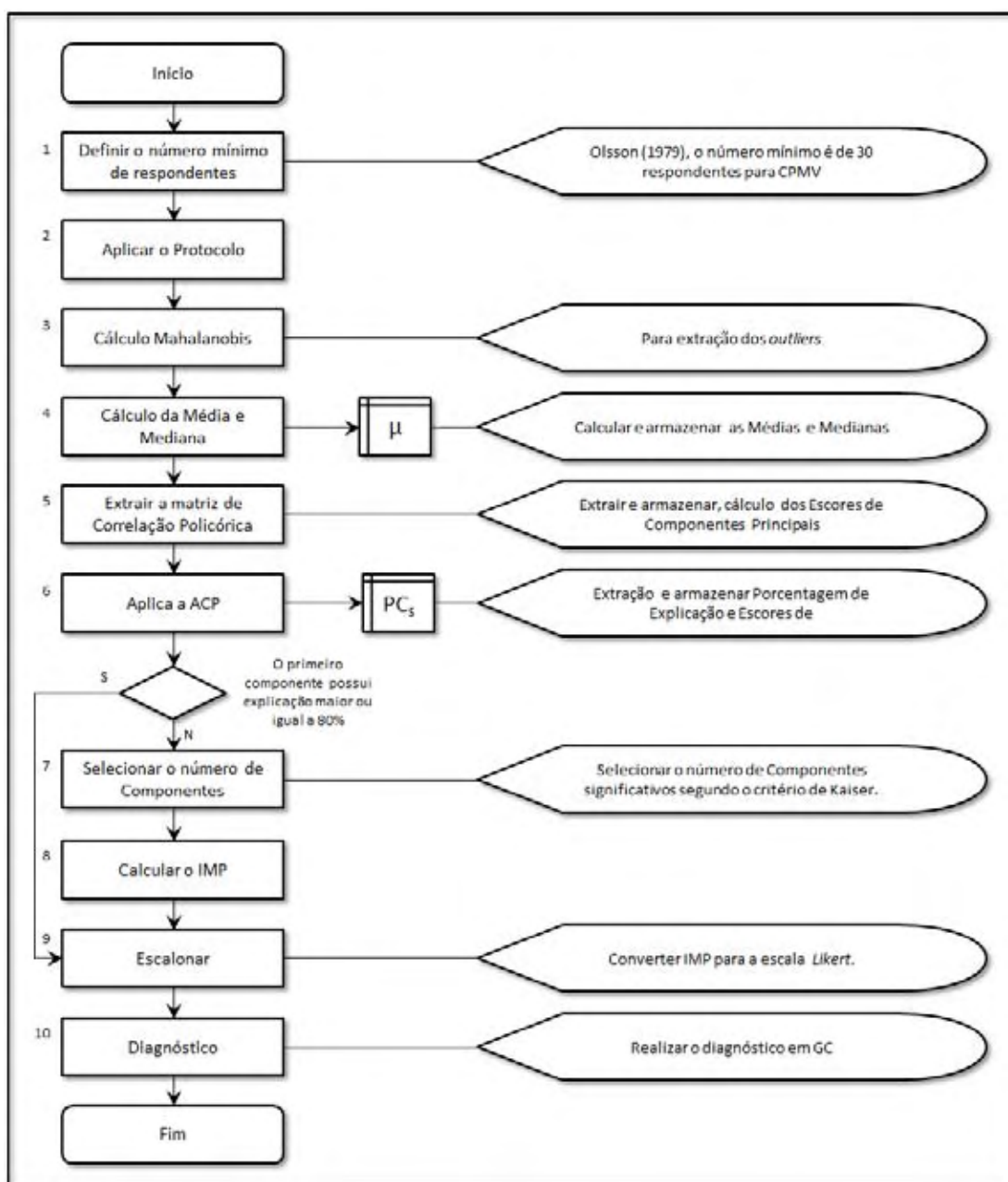


FIGURA 33 – Fluxo para obtenção do indicador proposto

CAPÍTULO 4 APLICAÇÃO DO MÉTODO NO LABORATÓRIO NACIONAL DE ASTROFÍSICA – LNA

Neste capítulo, será descrita a aplicação do IMP ao caso prático descrito originalmente por Ribeiro Jr. e Stano (2010) e sua comparação com os resultados obtidos. Dessa maneira, espera-se esclarecer os pontos positivos quanto ao uso de ACP como forma de análise e diagnóstico da Aprendizagem Organizacional.

4.1 Laboratório Nacional de Astrofísica

O Laboratório Nacional de Astrofísica (LNA) é uma das unidades de pesquisa do Ministério Brasileiro da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), localizado em Itajubá, Minas Gerais. É um instituto de alta tecnologia e presta serviços para a comunidade científica brasileira. Sua missão é proporcionar aos astrônomos brasileiros acesso a equipamentos de última geração para que possam realizar suas pesquisas da melhor forma possível.

Responsável pela operação do Observatório do Pico dos Dias (OPD) desde 1980, localizado no município de Brazópolis, a 1864 metros acima do nível do mar, é o maior observatório astronômico do Brasil, incluindo o maior telescópio do Brasil com uma abertura 1.6m, e o único que permite pesquisa observacional em uma ampla gama de disciplinas astronômicas, desempenhando, assim, um papel fundamental na formação de novos profissionais, em especial para estudantes de graduação e pós-graduação.

Com o auxílio do MCTI, o LNA tornou-se parceiro formal do consórcio internacional que gerencia a participação brasileira no Observatório Gemni, do telescópio SOAR e do telescópio Canadá-França-Havaí (CFHT), oferecendo assim aos astrônomos brasileiros um conjunto muito amplo de instrumentos, a partir de telescópios relativamente pequenos até telescópios que estão entre as maiores do mundo.

Desde 2006, o LNA busca atender às medidas e especificações do Projeto Estruturante do MCTI, por meio de um Plano Diretor, tendo sido criados objetivos estratégicos para nortear e fiscalizar as atividades institucionais, fazendo com que o planejamento estratégico e as ações gerenciais garantam a continuação, ampliação e aprimoramento dos seus serviços para a comunidade científica e para a sociedade brasileira como um todo. A Figura 34 explicita a estrutura organizacional da instituição.

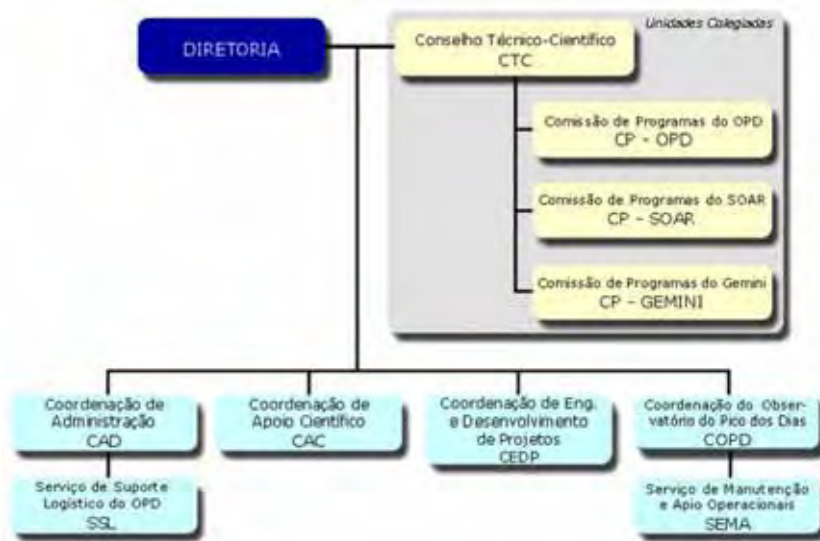


FIGURA 34 – Organograma do LNA

Este plano já se encontra em sua segunda versão com um horizonte de ação de 2011 estendendo-se até 2015, sendo que desde 2006 uma de suas principais diretrizes é a identificação, utilização, retenção e comunicação do conhecimento organizacional, ou seja, a utilização de práticas de gestão do conhecimento.

4.2 A Aplicação do IMP ao LNA

Neste tópico é descrito a aplicação do IMP no caso prático e sua posterior comparação com os diagnósticos observados. A Figura 35 resume tal aplicação.

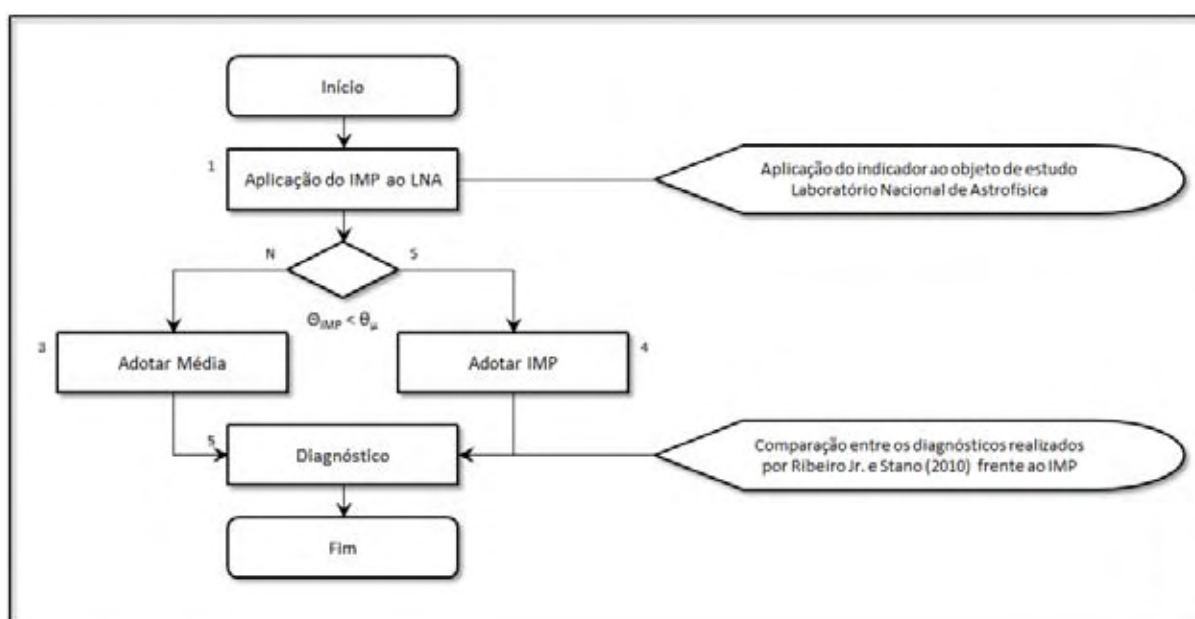


FIGURA 35 – Fluxograma de aplicação do IMP ao LNA

De posse dos dados secundários, vide apêndice D, a matriz de dados é constituída de 20 questões aplicadas a 63 respondentes. Dessa forma, foi aplicado o método de obtenção do Indicador Multivariado Policórico – IMP, conforme explicitado no item 3.2 desta tese.

A primeira condição do método foi satisfeita, tendo em vista que são 63 respondentes e o número mínimo definido é de 30. Assim, calculou-se a distância de Mahalanobis, onde os *outliers* foram identificados e retirados. Em continuidade, a média e mediana por questão foram calculadas e armazenadas e podem ser observadas no apêndice F.

Em continuidade, por meio do *software* LISREL[®], extrai-se a matriz de correlação policórica por máxima verossimilhança, matriz no apêndice E, procedimento no apêndice G. De posse da matriz policórica, pode-se, então, por meio do *software* Minitab[®] realizar a ACP (procedimento no apêndice H).

Foi identificado que para o cumprimento do critério de Kaiser, seriam necessários apenas dois componentes principais. Contudo, para uma análise mais criteriosa, foram realizados os cálculos e análises avaliando o indicador com a ponderação de dois e três componentes, sendo estes escalonados por meio de regressão para se ajustarem à escala ordinal de *Likert*. O próximo tópico discute os resultados dessas análises.

4.3 Comparativo dos Diagnósticos

Neste tópico, será discutido o comparativo entre os diagnósticos realizados por Ribeiro Jr. e Stano (2010) frente ao indicador aplicado ao caso prático. Para tanto, se faz necessário observou-se as diferenças entre a média geral e o IMP proposto, de forma a explicitar o contexto no qual melhor se adéqua a utilização de cada um.

Para tanto duas análises foram utilizadas: a primeira foi o cálculo do Percentual de Erro Médio Absoluto (MAPE – Mynsbrugge, 2010), definido pela equação (76), e a segunda o Desvio Absoluto Mediano (MADE – Russel e Bernard, 2006), onde:

$$MADE = |x_i - \tilde{x}| \quad (76)$$

Onde x_i é o dado e $\tilde{x}$ é a mediana dos dados.

Assim, os resultados dos vieses para o protocolo aplicado ao LNA encontram-se de maneira completa no apêndice F. Contudo, ao se observar os valores de MADE para dois componentes (2,52%), e para três componentes (2,67%), percebe-se que ao se avaliar o

protocolo como um todo existe uma diferença entre as métricas, o que justificaria já nesta etapa a utilização do IPM, devido a sua robustez e precisão. Mas vale ressaltar ainda, que se observados os resultados divididos por dimensão, a diferença entre as métricas se torna mais sensível, como explicita a Tabela 15.

TABELA 15 – MADE por dimensão de análise

	Dimensão	MADE (2PC)	MADE (3PC)
1	Clareza da finalidade e da missão	2,26%	3,19%
2	Compromisso e <i>Empowerment</i> da liderança	6,42%	6,83%
3	Experimentação e recompensas	5,51%	6,59%
4	Transferência do conhecimento	3,28%	2,75%
5	Solução de problemas e trabalho em grupo	4,72%	4,75%

Pode-se ainda avaliar respondente a respondente. Dessa forma, a diferença pode chegar a até 16%, vide Tabela 16, ocorrendo uma superestimação ou subestimação dos resultados por parte da média, fato este que pode levar o avaliador a conclusões equivocadas, comprometendo o diagnóstico e, posteriormente, as ações estratégicas ligadas à GC.

TABELA 16 – MAPE por respondente ($r = 0,64$)

Média	IPM (2PC)	IPM (3PC)	MAPE (2PC)	MAPE (3PC)	Avaliação
2,800	2,636	2,656	5,85%	5,13%	Superestimado
5,650	5,334	5,337	5,59%	5,54%	Superestimado
3,450	3,669	3,654	6,35%	5,91%	Subestimado
2,450	2,579	2,608	5,26%	6,47%	Subestimado
4,300	4,042	3,967	6,00%	7,73%	Superestimado
3,350	3,152	3,087	5,92%	7,86%	Superestimado
2,300	2,128	2,110	7,47%	8,27%	Superestimado
6,550	6,005	5,969	8,32%	8,86%	Superestimado
3,650	3,458	3,292	5,27%	9,81%	Superestimado
2,650	2,895	2,946	9,24%	11,17%	Subestimado
2,200	2,470	2,501	12,29%	13,68%	Subestimado
2,550	2,951	2,948	15,71%	15,63%	Subestimado
2,600	2,277	2,193	12,43%	15,65%	Superestimado
2,550	2,927	2,975	14,79%	16,66%	Subestimado

A segunda forma de análise empregada foi à análise de superfície de resposta. Foram avaliadas as possíveis influências da correlação e do coeficiente de variação sobre o erro. Assim, conforme a Tabela 17, percebe-se que existe uma influência significativa apenas da correlação, onde ela se apresenta de maneira linear e inversamente proporcional ao MAPE, vide Figura 36 (Resumo estatístico na Figura 37), ou seja, quanto maior a correlação menor o MAPE.

Isso ocorre porque, quanto maior a correlação, menos componentes são utilizados e o indicador se aproxima da média. No extremo oposto de análise, se as correlações são muito baixas, utilizam-se muitos componentes. Dessa forma, incorpora-se ao indicador um montante considerável de informação de análise, o que pode não ser interessante.

TABELA 17 – Regressão estimada para as influências de R e CV sobre MAPE (2PC - $r = 0,64$)

Term	Coef	SE Coef	T	P
Constant	0,005	0,001	8,249	0,000
R	-0,004	0,001	-6,372	0,000
CV	-0,001	0,001	-0,795	0,436
R*R	0,000	0,001	0,143	0,887
CV*CV	-0,001	0,001	-0,902	0,378
R*CV	0,002	0,001	1,145	0,266
R-Sq	68,47%	R-Sq(pred)		38,73%
		R-Sq(adj)		60,59%

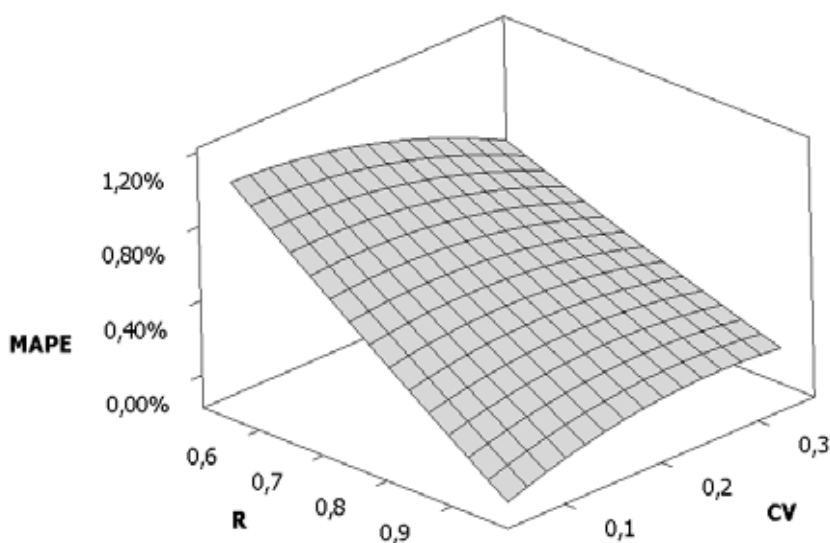
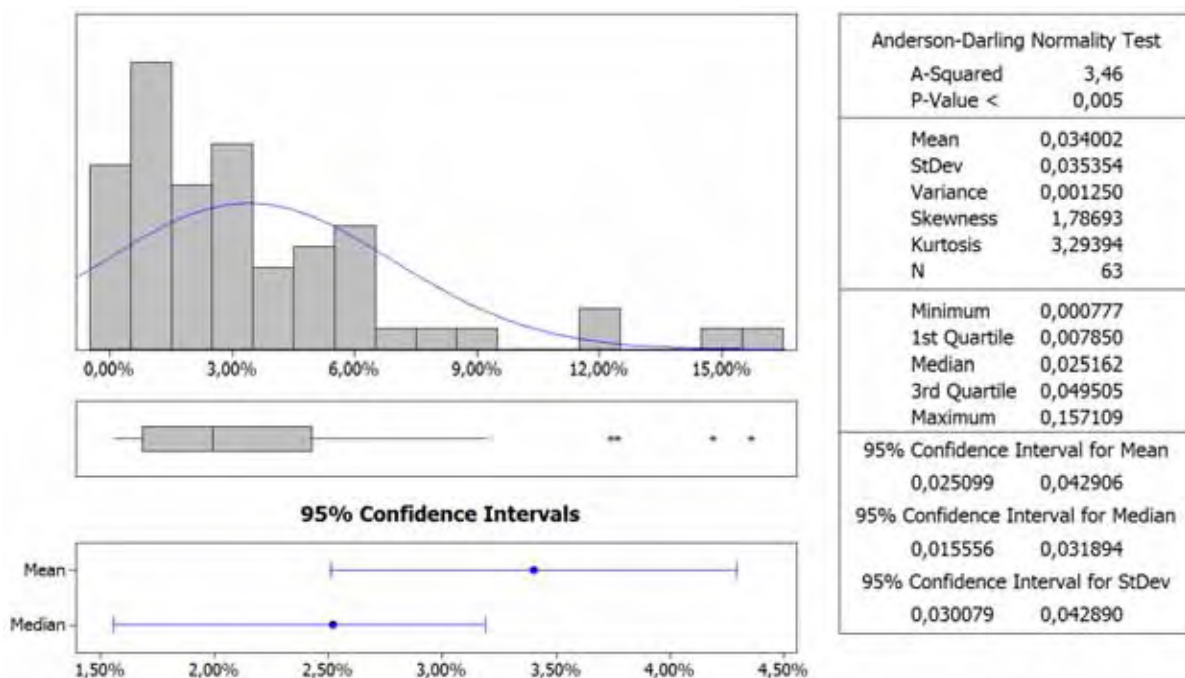


FIGURA 36 – Gráfico de contorno para as influências sobre o MAPE (2PC - $r = 0,64$)

FIGURA 37 – Resumo estatístico para MAPE (2PC – $r = 0,64$)

Já quando avaliadas as influências para o MAPE com três componentes, nota-se a mesma influência da correlação sobre o erro visto no MAPE (2PC) (vide Tabela 18), entretanto, observa-se uma influência significativa do efeito quadrático do coeficiente de variação, e o pico de influência se encontra nos valores médios de variação, por volta de 20%, a Figura 38 explicita estes resultados, Figura 39 apresenta o resumo estatístico.

TABELA 18 – Regressão estimada para as influências de R e CV sobre MAPE (3PC - $r = 0,64$)

Term	Coef	SE Coef	T	P
Constant	0,006	0,000	12,054	0,000
R	-0,005	0,001	-8,361	0,000
CV	-0,001	0,001	-2,026	0,056
R*R	0,000	0,001	-0,510	0,616
CV*CV	-0,002	0,001	-2,211	0,039
R*CV	0,002	0,001	2,043	0,054
R-Sq	80,61%	R-Sq(pred)	62,89%	
		R-Sq(adj)	75,76%	

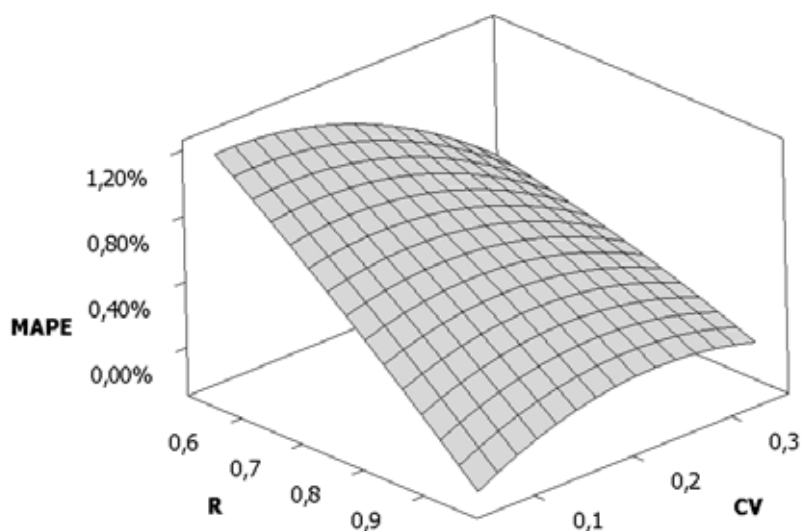


FIGURA 38 – Gráfico de contorno para as influências sobre o MAPE (3PC - $r = 0,64$)

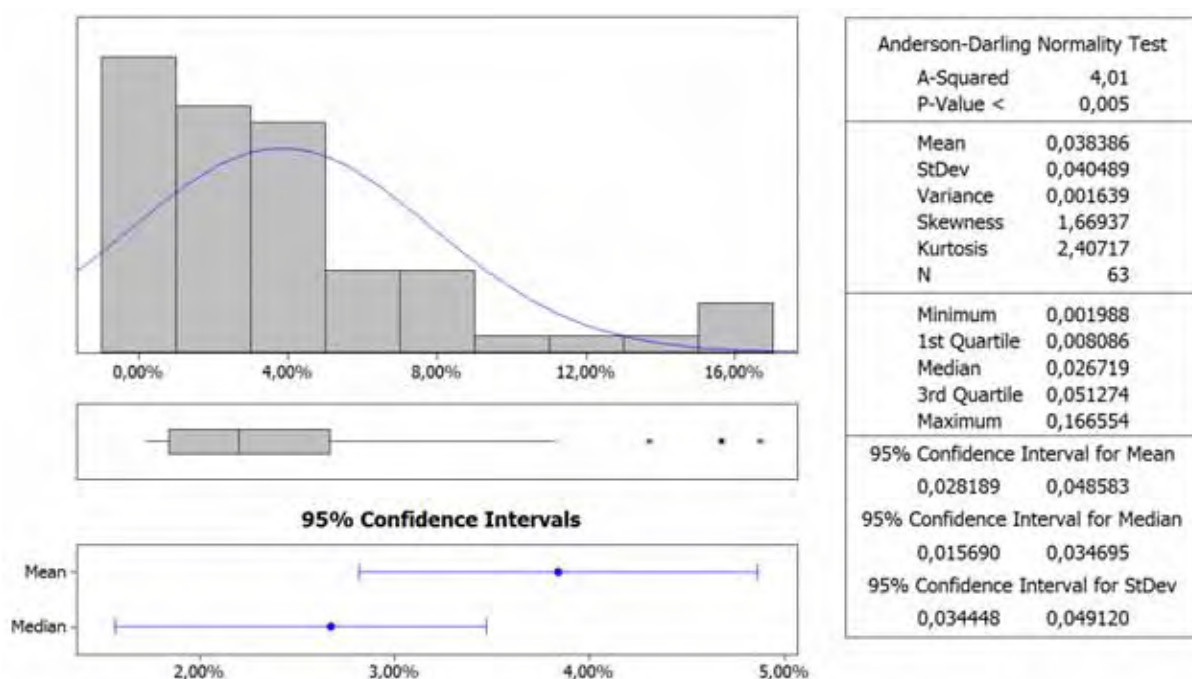


FIGURA 39 – Resumo estatístico para MAPE (3PC - $r = 0,64$)

Contudo, ao se observar os resultados das simulações realizadas e os resultados obtidos com a aplicação do método ao caso prático, nota-se que quando os valores das correlações se encontram em níveis intermediários (80% a 60%), o indicador se torna robusto o suficiente para permitir várias análises e se diferencia com certa significância da média, ou seja, o viés entre o indicador e a média cresce, conforme se observa na Figura 40.

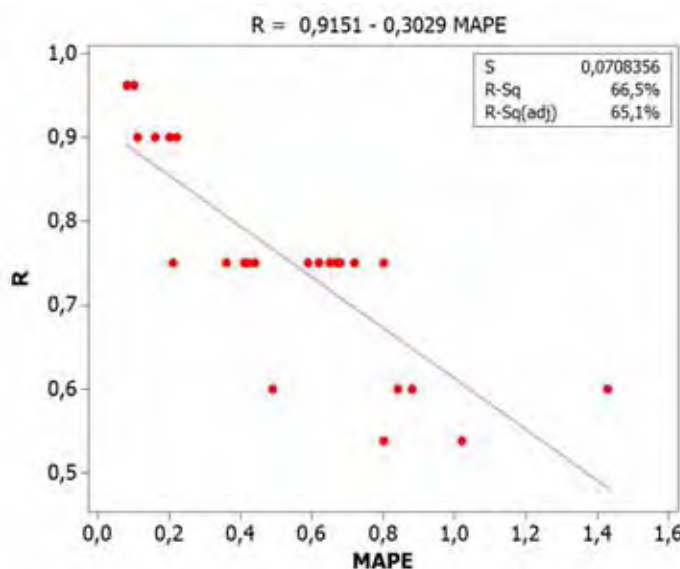


FIGURA 40 – Relação viés e níveis de correlação

Após as análises de viés, procede-se a realização do diagnóstico. Neste caso, o Potencial de Aprendizagem Organizacional (PAPO) foi calculado por meio da média simples aplicada aos resultados do protocolo ordinal, obtendo-se o potencial geral do LNA, bem como os potenciais por setor. Dessa forma, o mesmo foi realizado utilizando-se o IPM. A tabelas 19, indicam os resultados.

TABELA 19 – Potenciais de aprendizagem por setor

Setor	PAPO Original	PAPO IMP
LNA	3,841	3,828
Diretoria	3,836	3,848
CAC	4,062	3,990
CEDP	4,493	4,475
CAD	3,040	3,094
COPD	3,483	3,461
SEMA	3,400	3,407
SSL	4,540	4,523

Devido à proximidade dos valores dos potenciais, foi necessário realizar uma análise de variância, que mede a diferença entre as médias dos dados, utilizada para verificar se a média entre os potenciais são iguais quanto as diferentes dimensões e setores para que uma comparação possa ser realizada, o resultado é expresso conforme a Tabela 20 (RENCHE, 2002).

TABELA 20 – Análise dos critérios em relação ao PAPO e IMP

ANOVA	PAPO*	IMP*
Anos org.	0,053	0,053
Anos área	0,053	0,046
Vínculo	0,000	0,000
Idade	0,757	0,774
Gênero	0,685	0,529
Escolaridade	0,002	0,001
Setor	0,011	0,011

*Valores destacados na tabela representam os *p-values* da ANOVA one-way.

Sendo assim, ambos os resultados mostraram-se iguais, comprovando que somente com relação ao sexo e gênero dos respondentes não há relação entre as médias. Porém, como mencionado anteriormente, as correlações entre as questões são significantes e fortes, e se apresentam no sentido positivo. Portanto, questões que apresentam correlações entre si devem ser analisadas de maneira multivariada. Dessa forma, o diagnóstico será fornecido pelo IMP.

O indicador permite uma análise geral do protocolo, bem como uma análise dimensão a dimensão e questão a questão. Logo se tem:

- Percebeu-se que o tempo dos indivíduos na organização ou em seus setores não possui correlação com o IMP dos indivíduos, *p-values* respectivamente de 0,200 e 0,250. Dessa forma, o tempo de trabalho na instituição não influencia na criação de um ambiente voltado ao conhecimento e a aprendizagem;
- No LNA, as faixas de idades variam entre 18 a 64 anos. Assim, quando analisada a idade, notou-se que há uma correlação significativa, negativa, contudo, fraca, *p-value* de 0,033. Portanto, a idade do indivíduo tem certa influência em sua predisposição para a AO e GC, ou seja, quanto mais jovem o indivíduo mais pré-disposto ele estará para assumir um comportamento de aprendizagem e troca de conhecimentos;
- Para análise do Setor identificou-se SSL um resultado melhor com IMP de 4,523, um pouco acima da média. Outros setores, como o CEDP e CAC, estão próximos desses valores, sendo também bem posicionados. Os demais setores possuem potenciais abaixo da média, o que denota uma oportunidade para aplicação da AO e GC. Percebeu-se também que com relação às dimensões comprometimento da

liderança, experimentações e recompensas, e trabalho em grupo, estão abaixo do esperado. Dessa forma, é necessário uma atenção a essas atividades;

- Para análise do Vínculo foi verificada que servidores da própria instituição ou cedidos por outras instituições, IMP, respectivamente, 3,52 e 3,10, possuem menor potencial em relação ao vínculo aos bolsistas, IMP 4,57. Ou seja, existe uma relativa resistência por parte dos funcionários da instituição em se adotar práticas voltadas a AO e GC;
- Para análise da Escolaridade percebeu-se que o menor potencial está nos indivíduos com especialização (3,09) e o maior potencial está nos indivíduos com superior incompleto, IMP de 4,70;
- Para análise do Gênero, não há diferença sensível entre os índices. Contudo, ainda assim estão abaixo da média.

Realizado o diagnóstico, a comparação com o resultado observado em Ribeiro Jr. e Stano (2010), percebeu-se que não há mudança no diagnóstico quanto às principais questões em vista da utilização do PAPO em relação à utilização do IMP. Os principais setores SSL e CEDP possuem potenciais acima da média.

Em relação às dimensões do protocolo, a principal mudança foi notada que para o PAPO o compromisso com a liderança, experimentação e recompensas e trabalho em grupo são o foco de atenção, enquanto no IMP a atenção deveria ser dada prioritariamente a questões voltadas para a clareza de missão da organização e trabalho em grupo.

Quanto à escolaridade, manteve-se o resultado com relação ao potencial dos respondentes com nível de especialização, contudo, houve uma mudança na avaliação do melhor índice, que no PAPO era dos respondentes com nível de segundo grau completo ou inferior, passou a ser para os respondentes com superior incompleto. Para vínculo e gênero não houve mudanças no diagnóstico.

Essas diferenças ocorrem devido ao tratamento dos dados, no primeiro caso, PAPO, apenas a média é a referência de análise. Já no segundo, o IMP é gerado por meio da correlação policórica, apropriada para dados ordinais, que em sua concepção é maior que a correlação de Pearson. Dessa maneira, gerando o indicador por meio da ACP. O indicador contempla uma forma mais robusta de análise, considerando, além da correlação, a variação intra e entre os respondentes, explicitando relações não antes observadas utilizando-se apenas o PAPO.

Após a avaliação do diagnóstico em relação aos resultados do trabalho de Ribeiro Jr. e Stano (2010), serão descritos no tópico a seguir, contribuições para a GC advindas da diagnóstico de AO quando aplicado o IMP. Também serão realizadas novas propostas para o LNA em vista da revisão dos resultados supracitados.

4.4 Contribuições e Propostas para a Gestão do Conhecimento

Após a realização do diagnóstico das práticas em AO, tal resultado fornece subsídios para o desenvolvimento de propostas em GC adequadas ao ambiente organizacional do objeto de estudo – Laboratório Nacional de Astrofísica – LNA, contribuindo para a identificação das abordagens gerenciais que melhor se adéquam à suas características, trazendo vantagens competitivas e guiando ações ligadas à GC.

A seguir são apresentadas algumas contribuições e a proposta advindas do diagnóstico em aprendizagem organizacional, bem como a utilização de diversos aspectos e características das abordagens em gestão do conhecimento vistas no Capítulo 2, subitem 2.1.4, e técnicas de GC observadas no anexo J, que conduzem para a formação de um ambiente onde o aprendizado e o conhecimento são corretamente geridos.

1. Identificação e Captação do Conhecimento:

- Contribuição: o diagnóstico permitiu analisar e descrever o ambiente organizacional e identificar quais são os perfis com maior ou menor disposição para mudanças e criação de um ambiente voltado ao conhecimento;
- Proposta: com uma clara comunicação da missão organizacional de maneira a melhor identificar o conhecimento, propõe-se uma apresentação para o público da instituição, coordenadas e divididas por setor, onde o funcionário se apresente como indivíduo e como profissional, explicitando suas competências, funções, responsabilidades, ideais e contribuições para o futuro;

Um programa de palestras com convidados externos para desenvolvimento de competências em diferentes áreas do conhecimento, inerentes às necessidades do LNA, parcerias interinstitucionais tais como faculdades, universidades, empresas e associações e fortalecimento de políticas de estágios e intercâmbios nacionais e internacionais.

Outra proposta é a formação de grupos de trabalho os quais identificarão os principais problemas sobre diversas áreas dentro da instituição, apontando ideias e

soluções, tais como a necessidade de capacitação dos funcionários, necessidade de sistemas de informação, meios de comunicação dentre outros;

2. Desenvolvimento e Utilização do Conhecimento:

- Contribuição: ao identificar as características da organização objeto de estudo com relação à experimentação e recompensas, e solução de problemas em grupo pode-se observar que para haver o desenvolvimento do conhecimento criado e adquirido, deve-se gerar novas habilidades, ideias, processos e produtos, captados por meio da experimentação, da criatividade;
- Proposta: propõe-se o uso de uma técnica de aprendizagem organizacional denominada “laboratórios de aprendizagem”. Nestes laboratórios são formados grupos multidisciplinares e, por meio da socialização dos conhecimentos, os integrantes promovem a solução de problemas, bem como a integração dos conhecimentos internos e externos, desenvolvendo novos projetos, novas pesquisas, novos processos e tecnologias;

A criação de um programa de publicações dentro do LNA, visando o público leigo, para cumprir com a missão da instituição de socializar com a comunidade os feitos científicos da instituição;

Programa de visitas com o objetivo de demonstrar o conhecimento científico gerado dentro do LNA, atraindo novos olhares de jovens em formação, de possíveis parceiros e de empresas interessadas em investimentos;

3. Distribuição e Retenção do Conhecimento:

- Contribuição: a transferência do conhecimento identificada no diagnóstico revela que o processo de compartilhamento do conhecimento já se encontra presente na organização. Contudo, reter os conhecimentos gerados deve-se selecionar, armazenar e atualizar o conhecimento regularmente, por meio de experiências, documentos e informações, para que estes possuam um fácil acesso e uma dinâmica recuperação para usos futuros;
- Proposta: para socializar e, ao mesmo tempo, reter o conhecimento dentro da instituição, propõe-se a realização de encontros, reuniões, ou eventos para se discutir temas baseados em leituras, viagens, visitas técnicas, publicações e experiências nas quais os funcionários tenham passado, criando um banco de

conhecimento no qual tais relatos possam ser armazenados e, posteriormente, utilizados;

4. Liderança Formal:

- Contribuição: com relação ao diagnóstico para o *empowerment* e compromisso da liderança, pode ser observado que é por meio da liderança que a implementação e, principalmente, a motivação da autonomia e do compromisso para com os demais funcionários que se inicia a gestão do conhecimento;
- Proposta: Obter o comprometimento da liderança formal, de maneira que esta incentive os funcionários a propor ideias e cumprir ações que fortaleçam a identidade organizacional; promovam a autonomia e a descentralização da tomada de decisão e quebrem o paradigma atual. Proporcionando assim, uma mudança cultural com o foco na criação de um ambiente favorável à aprendizagem e ao conhecimento, bem como o acompanhamento periódico do desenvolvimento da AO e GC por meio da reaplicação do IPM, para avaliar o desenvolvimento e crescimento da organização nesse sentido.

CAPÍTULO 5 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

O estudo dos métodos de diagnósticos do conhecimento em organizações observado na literatura estudada nesta pesquisa permitiu identificar que são baseados em protocolos sócio comportamentais. Também evidenciaram as dimensões que compõe a AO e a GC e a relação das mesmas com o desenvolvimento organizacional.

As principais dimensões observadas nestes métodos relacionam-se com a motivação para aprender, motivação para transferir conhecimentos individuais, liderança transformacional, criação de conhecimento, partilha de conhecimento, conhecimento específicos, visão comum, pensamento sistemático, aprendizagem e solução de problemas em grupo e criatividade.

Foram encontrados modelos baseados em métodos qualitativos; métodos quantitativos sem descrição do tratamento estatístico e métodos quantitativos com tratamento estatístico e estrutura de dados composta em sua maioria de dados ordinais obtidos através de escalas de *Likert*, sendo que suas aplicações apesar de bem estruturadas revelaram a ampla utilização da correlação de Pearson em dados ordinais, o que pode reduzir equivocadamente o número de categorias da escala por tratar estes dados de maneira intervalar.

Assim, a partir da identificação deste cenário e com vistas a proceder a um tratamento mais robusto para protocolos baseados em escalas de dados ordinais, respeitando sua estrutura de categorização, desenvolveu-se o indicador multivariado Policórico, o que permitiu uma melhor compreensão da estrutura de correlação e variância-covariância deste tipo de protocolo.

Em relação às análises estatísticas realizadas por meio da metodologia de superfície de resposta, foram avaliados os relacionamentos entre as variáveis Coeficiente de Correlação – R, e Coeficiente de Variação – CV, em relação às variáveis de resposta os auto valores Lambda 1, Lambda 2, Lambda 3, a Porcentagem de Explicação, α de Cronbach e MAPE.

Foi observado que o primeiro auto valor, Lambda 1, possui uma relação linear forte com o coeficiente de correlação, ou seja, quanto maior a correlação R maior será o Lambda 1. Já para os demais auto valores Lambda 2 e Lambda 3, essa relação é expressa também de maneira linear, contudo, inversa.

Observou-se também que o coeficiente de variação não possui relação significativa com os auto valores, contudo, ao observar a interação quadrática deste coeficiente, foi percebido que de fato há uma relação entre o mesmo e os auto valores Lambda 1 e Lambda 3.

Com relação à porcentagem de explicação, ela está relacionada ao primeiro auto valor, Lambda 1 e sua relação com as variáveis R e CV pode ser analisadas de maneira idêntica. As análises referentes ao coeficiente α de Cronbach, mostraram que sua relação com a variável R foi identificada como linear e diretamente proporcional, isso ocorre devido o α de Cronbach também ser uma associação de variâncias intra e entre respondentes.

Uma contribuição paralela significativa desta pesquisa foi a identificação do relacionamento entre o α de Cronbach e os auto valores Lambda 1 e Lambda 2. Foi percebido que a medida que o Lambda 1 aumenta e Lambda 2 diminui, cresce a confiabilidade do instrumento. Portanto, pode-se ter informações com relação a confiabilidade do protocolo apenas estudando o comportamento destes auto valores.

Com relação às análises do relacionamento do Percentual de erro médio absoluto – MAPE e do Percentual de Erro Médio Absoluto – MAPE, pode-se observar que ambos possuem um estreito relacionamento com o coeficiente de correlação, a medida que a correlação diminui eles aumentam proporcionalmente.

Durante o desenvolvimento do IMP, pode-se perceber que há diferenças sensíveis entre a extração de componentes pelo método da correlação policórica e pela correlação de Pearson. Utilizando a correlação de Pearson em um mesmo cenário de simulação foi necessário um número bem maior de componentes para explicar a variabilidade dos dados, enquanto que para a correlação Policórica, houve em todos os casos a necessidade de apenas 3 componentes.

Dessa maneira, em consequência de todas as simulações e análises de protocolos de dados ordinais realizados, resultaram em um método capaz de simular estes protocolos com níveis de variação e correlação controlados, como resultados foram obtidas as matrizes multinomiais, o que constituiu em contribuição paralela significativa deste estudo.

No processo de validação do IMP, por meio da análise de viés entre a média geral e o indicador, confirmou a robustez do indicador, ao revelar que dependendo do nível de correlação do protocolo a média apresenta diferenças sensíveis. Uma comparação entre o cenário simulado com coeficiente de correlação de 60% apresentou um MAD de 1,33%, já para o caso real, com 62% de correlação, apresentou um MAD de 2,52%

Tal diferença foi confirmada ao aplicar o protocolo *OLS* ao Laboratório Nacional de Astrofísica, LNA, identificando que anteriormente o LNA contava com três boas dimensões, quando de fato ele possui apenas duas dimensões medianas e três que necessitam de atenção, provando assim, a robustez do IMP, por conter informações e relações não explícitas na utilização apenas da média geral.

Ademais, com a obtenção do indicador, obteve-se um método quantitativo de diagnóstico das práticas de AO, o que permitiu o desenvolvimento de propostas voltadas ao planejamento de ações em GC, adequadas ao ambiente organizacional do objeto de estudo, por meio da identificação de abordagens gerenciais relacionadas à identificação, captação, desenvolvimento, utilização, distribuição e retenção do conhecimento, bem como observações e propostas relacionadas à liderança formal, possibilitando oportunidades para a aquisição de vantagens competitivas.

Salienta-se que as contribuições do diagnóstico de AO para a GC oriundas da proposta de aplicação do IMP ao LNA não foram totalmente esgotadas neste estudo e podem ser objeto de pesquisas futuras, porque não foi este o objetivo principal desta tese.

Outras pesquisas podem desenvolver-se através da repetição das simulações utilizando correlação de Pearson, comparando-o detalhadamente à simulação com correlação policórica; a repetição dos estudos utilizando as transformações de variância de Arcseno (X) e de Freeman & Tukey; o desenvolvimento de estudos utilizando Escores contruídos com carregamentos (loadings) de Análise Fatorial, bem como, a aplicação do IMP como indicador para problemas de R&R multivariado discreto.

Ou ainda reaplicar do IMP na organização objeto de estudo de maneira a acompanhar o desenvolvimento do conhecimento, buscar esclarecer a relação dos auto valores com o alpha de Cronbach e Ampliar o escopo de estudo do indicador multivariado policórico aplicando-o a outras organizações voltadas ao conhecimento, ou ainda a outros contextos cuja aplicação do indicador seja voltada a diagnósticos baseados em dados ordinais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACHTERBERGH, J.; VRIENS, D. (2002). Managing viable knowledge. **Systems Research and Behavioral Science**. Vol. 19, n. 3, pp. 223-41.

ADAMS, E. C.; FREEMAN, C. (2000). Communities of practice: bridging technology and knowledge assessment. **Journal of Knowledge Management**. Vol. 4, n. 1, p. 38-44.

ALESSIO, P. A. (2004). **Informação e Conhecimento. Um modelo de gestão para potencializar a inovação e a cooperação universidade – empresa**. (Tese de Doutorado). Universidade Federal de São Carlos – UFSCar.

ALLAMEH, S. M.; ZARE, S. M.; DAVOODI, S. M. R. (2011). Examining the Impact of KM Enablers on Knowledge Management Processes. **Procedia Computer Science**. Vol. 3, p. 1211 – 1223.

ANTONELLO, C. S. (2002). Estudo dos métodos e posicionamento epistemológico na pesquisa de aprendizagem organizacional, competências e gestão do conhecimento. **Anais do XXVI ENANPAD**. Salvador.

ARGYRIS, C. (1977). Double Loop Learning in Organization. **Harvard Business Review**, v.55, n. 5, p. 115-125, Sep.-Oct.

ARGYRIS, C. (1991). Teaching Smart People How to Learn. **Harvard Business Review**. May-June, p. 5-15.

ARGYRIS, C., SCHON, D. (1996). **Organizational Learning II: Theory, Method, and Practice**. Addison-Wesley, Reading, MA.

AZMAA, F.; MOSTAFAPOURA, M. A. (2011). Identify Knowledge management And Organizational learning Indicators and its relation With Creativity. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**. Vol. 30, p. 2249 – 2252.

BASSANI, E. (2005). **Implementação de Ambiente de Aprendizagem Organizacional em Equipes de Projetos: Uma Pesquisa – Ação**. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI. Itajubá, MG.

BASTOS, A.V.B.; GONDIM, S.M.G.; LOIOLA, E.; MENEZES, G.I.; NAVIO, V.L.R. (2002). Aprendizagem Organizacional versus Organizações que Aprendem: Características e Desafios que cercam essas duas Abordagens de Pesquisa. **Anais do XXVI ENANPAD**. Salvador.

BEAL, A. (2004). **Gestão Estratégica da Informação**. São Paulo. Editora Atlas.

BERTRAND, J. W. M.; FRANSOO, J. C. (2002). Modelling and simulation: operations management research methodologies using quantitative modeling. **International Journal of Operations e Production Management**. Vol. 22, n. 2, p. 241-264.

BERNSTEIN, I. H. (2005). **Likert Scale Analysis Encyclopedia of Social Measurement**, Volume 2, Elsevier Inc.

BINNEY, D. (2001). The Knowledge Management spectrum – understanding the KM landscape. **Journal of Knowledge Management**. Vol. 5, n. 1, p. 33-42.

BISGAARD, S.; FULLER, H. (1994). Analysis of Factorial Experiments with Defects or Defectives as the Response. **Report Series in Quality and Productivity**. Nº. 119.

BISWAS, S. (1991). **Topics in Statistical Methodology**. New York: Wiley.

BOOKER, L., D.; BONTIS, N; SERENKO, A. (2008). The Relevance of Knowledge Management and Intellectual Capital Research. **Knowledge and Process Management**. Vol. 15, n. 4., p. 235–246.

BOLLINGER, A. S.; SMITH, R. D. (2001). Managing organizational knowledge as a strategic asset. **Journal of Knowledge Management**. Vol. 5, n. 1, p. 8-18.

BOX, G. E. P., BEHNKEN, D. W. (1960). Some New Three-Level Designs for the Study of Quantitative Variables. **Technometrics**. Vol. 2, p.455–475.

BOX, G. E. P., DRAPER, N. R. (1987). **Empirical Model-Building and Response Surfaces**. John Wiley & Sons, 1 ed., p. 650.

BOX, G. E. P., HUNTER, W. G., HUNTER, J. S. (1978). **Statistics for Experimenters**. John Wiley & Sons, 1 ed., 690p.

BURNS, T., STALKER, G. (1961). **The Management of Innovation**. Tavistock, London.

BRATCHELL, N. (1989). Multivariate Response Surface Modelling by Principal Components Analysis. **Journal of Chemometrics**. Vol. 3, p. 579-588.

BRESNENA, M., EDELMANB, L., NEWELL, S., SCARBROUG, H., E SWAN, J. (2003). Social practices and the management of knowledge in project environments. **International Journal of Project Management**. Vol. 21, p. 157–166.

COOPEY, J. (1996). **Crucial Gaps in the Learning Organization: Power, Politics, and Ideology**. Thomson, London.

CHAN, C. C. A. (2002). **Individual team and organizational learning: underpinnings of competitive advantage**. (Tese de Doutorado). Murdoch University.

CHANGCHIT, C.; HOLSAPPLE, C. W.; EVIATOR, R. E. (2001). Transferring auditors' internal control evaluation knowledge to management. **Expert Systems with Applications**. Vol. 20, p. 275–291.

CHEN, D. H. C.; DAHLMAN, C. J. (2006). **Knowledge and development a cross-section approach**. The World Bank Research. Washington, DC.

CHEN, D. N.; LIANG, T. P. (2011). Knowledge evolution strategies and organizational performance: A strategic fit analysis. **Electronic Commerce Research and Applications**. Vol. 10, p. 75–84.

CHEN, L.; FONG, P. S. W. (2012). Revealing performance heterogeneity through knowledge management maturity evaluation: A capability-based approach. **Expert Systems with Applications**. Vol. 39, p. 13523–13539.

CHEN, M.; HUANG, M.; CHENG, Y. (2009). Measuring knowledge management performance using a competitive perspective: An empirical study. **Expert Systems with Applications**. Vol. 36; p. 8449–8459.

CHEN, P., E POPOVICH, P. (2002). **Correlation: Parametric and nonparametric measures**. Thousand Oaks, CA: Sage Publications.

CHEN, Y. Y.; HUANG, H. L. (2012). Knowledge management fit and its implications for business performance: A profile deviation analysis. **Knowledge-Based Systems**. Vol. 27, p. 262–270.

CHIN, K. S.; LO, K. C.; LEUNG, J. P. F. (2010). Development of user-satisfaction-based knowledge management performance measurement system with evidential reasoning approach. **Expert Systems with Applications**. Vol. 37, p. 366–382.

CHI, H. K.; LAN, C. H.; DORJGOTOV, B. (2012). The Moderating Effect of Transformational Leadership on Knowledge Management and Organizational Effectiveness. **Social Behavior and Personality**. Vol. 40, nº 6, p. 1015 – 1024.

CHOI J.; PETERS, M.; MUELLER, R. O. (2010). Correlation analysis of ordinal data: from Pearson's r to Bayesian polychoric correlation. **Asia Pacific Education Review**. Vol. 11, p. 459-466.

CHOI, B.; JONG, A. M. (2010). Assessing the impact of knowledge management strategies announcements on the market value of firms. **Information & Management**. Vol. 47, p. 42–52.

CHOO, C. W. (2003). **A organização do conhecimento**. São Paulo, Editora SENAC.

CHOURIDES, P.; LONGBOTTOM, D.; MURPHY, W. (2003). Excellence in knowledge management: An empirical study to identify critical factors and performance measures. **Measuring Business Excellence**. Vol. 7, n. 2, p. 29–45.

CLEGG, S.R.; KORNBERGER, M.; RHODES, C. (2005). Learning/becoming/organizing. **Organization**, Vol. 12, n. 2, p. 147–167.

COURTNEY, J. F. (2001). Decision making and Knowledge Management in inquiring organizations: toward a new decision-making paradigm for DSS. **Decision Support Systems**. Vol. 31, n. 1, p.17-38.

CRESWELL, J. W.; PLANO CLARK, V. L. (2007). **Designing and conducting mixed methods research**. California, Sage Publications.

CRONBACH, J. L. (1951). Coefficient alpha and the internal structure of tests. **Psychometrika**. Vol. 16. n. 3, p. 297-334.

CRONBACH, J. L. (2004). My current *t* procedures. **Educational and Psychological Measurement**. Vol. 64 n. 3.

CRONIN, B. (1990). Esquemas conceituais e estratégicos para a gerência da informação. **Revista da Escola de Biblioteconomia da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG**. Belo Horizonte. Vol.19, n. 2, p. 195-220.

CUNHAA, P. F.; WIENDAHLB; H. P. (2005). Knowledge Acquisition from Assembly Operational Data Using Principal Components Analysis and Cluster Analysis. **CIRP Annals - Manufacturing Technology**. Vol. 54, nº 1, p. 27–30.

DA SILVA, R. R.; CALÔBA, L. P.; SIQUEIRA, M. H. S.; REBELLO, J. M. A. (2004). Pattern Recognition of Weld Defects Detected by Radiographic Test. **NDT & E International**, Vol. 37, p. 461-470.

DAVENPORT, T. H.; PRUSAK L. (1998). **Working Knowledge: How Organizations Manage What They Know**. Cambridge, MA: Harvard Business School Press.

DISTEFANO, C. (2002). The Impact of Categorization with Confirmatory Factor Analysis. **Structural Equations Modeling**. Vol. 9, p. 327–46.

DESOUZA, K. C. (2003). Strategic contributions of game rooms to Knowledge Management: some preliminary insights. **Information e Management**. Vol. 41, p. 63-74.

DRUCKER, P. (1993). **Post – Capitalist Society**. New York, Harper Business.

EASTERBY-SMITH, M.; ARAÚJO, L. (2001). Aprendizagem organizacional: Oportunidades e debates atuais. In EASTERBY-SMITH, M.; BURGOYNE, J.; ARAÚJO, L. **Aprendizagem organizacional e organização de aprendizagem: Desenvolvimento na teoria e na prática**. São Paulo: Atlas, p. 15-38.

EDMONDSON, A. C. (1996). **Three faces of Eden: The persitence of competing theories and multiple diagnoses in organizational intervention research**. Human Relations. New York.

FELL, A. F. A.; RODRIGUES FILHO, J.; OLIVEIRA, R. R. (2008). A national academic production study about knowledge management through Haberma's knowledge theory. **Journal of Information Systems and Technology Management**. Vol. 5, n. 2, p. 251-268.

FILMER, D.; PRITCHETT, L. (1998). **Estimating Wealth Effect Without Expenditure Data – Or Tears: An Application to Educational Enrollments in States of India**. World Bank Policy Research Working Paper No. 1994. The World Bank, Washington, DC.

——— (2001). Estimating Wealth Effect Without Expenditure Data – Or Tears: An Application to Educational Enrollments in States of India. **Demography**. Vol. 38, p. 115–32.

FIOL, C. M.; LYLES, M. A. (1985). Organizational Learning. **Academy of Management Review**. Vol.10, nº.4, p. 803-813.

FLEURY, A.; FLEURY, M. T. L. (1997). **Aprendizagem e inovação organizacional: As experiências de Japão, Coréia e Brasil**. São Paulo. Editora Atlas, 2ª Edição.

FLEURY, M. T. L.; OLIVEIRA JR., M. M. (2001). **Gestão estratégica do conhecimento: integrando aprendizagem, conhecimento e competências**. São Paulo: Atlas.

FOX-WOLFGRAMM, S.; BOAL, K.; HUNT, J. (1998). Organizational adaptation to institutional change: a comparative study of first-order change in prospector and defender banks. **Administrative Science Quarterly**. Vol. 43, p. 87–126.

FNQ – Fundação para o premio nacional da qualidade (2003). **Critérios de excelência: o estado da arte da gestão para excelência do desempenho e o aumento da competitividade**. Brasília, FNQ.

GABRIELSSON, J.; NYSTRÖM, Å.; LUNDSTEDT, T. (2003a). Multivariate Methods in the Developing an Evolutionary Strategy for Tablet Formulation. **Drug Development and Industrial Pharmacy**. Vol. 26, n 3, p. 275-296.

GABRIELSSON, J.; LINDBERT, N. O.; PÅLSSON, M.; NICKLASSON, F.; SJÖSTRÖM, M.; LUNDSTEDT, T. (2003b). Multivariate Methods in the Development of a New Tablet Formulation. **Drug Development and Industrial Pharmacy**. Vol. 29, n 10, p. 1053-1075.

GARBER, R. (2001). **Inteligência Competitiva de Mercado**. Rio de Janeiro: Madras.

GARVIN, D. (1993). Building a learning organization. **Harvard Business Review**. July-August, p. 78-91.

GAVRONSKI, I.; KLASSEN, R. D.; VACHON, S.; NASCIMENTO, L. F. M. (2012). A learning and knowledge approach to sustainable operations. **International Journal of Production Economics**. Vol. 140, p. 183–192.

GEGENFURTNER, A. (2011). Motivation and transfer in professional training: A meta-analysis of the moderating effects of knowledge type, instruction, and assessment conditions. **Educational Research Review**. Vol. 6, p. 153–168.

GÓES, R. G. (2003). **A Gestão do Conhecimento: a desafio do Século XXI**. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, Belo Horizonte.

GOH, S. C.; RICHARDS, G. (1997). Benchmarking the Learning Capability of Organizations. **European Management Journal**. Vol. 15, n. 5, p. 575–583.

GOH, S. C. (1998). Toward a Learning Organization: The Strategic Building Blocks. **SAM Advanced Management Journal**. Vol. 63, n. 2, p. 15–22.

GOH S. C.; RYAN, P. (2002). Learning Orientation, Organization Factors and Firm Performance. **Third European Conference on Organizational Knowledge, Learning and Capabilities**. Athens, Greece, April p. 4-6, in CD-Rom.

GOH, S. C.; QUON, T. K.; COUSINS, J. B. (2007). The organizational learning survey: a re-evaluation of unidimensionality. *Psychol Report*. Vol. 101, n. 3, p. 707–721.

GUILLEY, W.; UHLIG, G. (1993). Factor analysis and ordinal data. **Education**. Vol. 114, n. 2, p. 258–264.

GUIMARAES, T. A.; SOUZA, E. C. L. (2001). Aprendizagem organizacional na nova administração pública. **XV Congresso Latino Americano para el Desarrollo – CLAD**. Buenos Aires.

GRAY, P. H. (2001). A problem-solving perspective on Knowledge Management practices. **Decision Support Systems**. Vol. 31, p. 87-102.

GREEN, S.; SALKIND, N. (2005). **Using SPSS for windows and Macintosh: Analyzing and understanding data**. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.

HAND, D. J. (2004). **Measurement Theory and Practice**. Kendall's Library of Statistics, Hodder Arnold.

HANSEN, M.; PODOLNY, J.; PFEFFER, J. (2001). So many ties, so little time: a task contingency perspective on corporate social capital. **Research in the Sociology of Organization**. Vol. 8, p. 21–57.

HARB, A. G. (2005). **As Competências Organizacionais nos Segmentos de Hipermercado e Supermercado no Brasil**. (Tese de Doutorado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Santa Catarina, 233p.

HASAN, H.; GOULD, E. (2001). Support for the sense-making activity of managers. **Decision Support Systems**. Vol. 31, n. 1, p. 71–86.

HAYKIN, S. (1994). **Neural Networks – A Comprehensive Foundation**. IEEE press. Ontário.

HOEGL, M.; SCHULZE, A. (2005). How to Support Knowledge Creation in New Product Development: An Investigation of Knowledge Management Methods. **European Management Journal**. Vol. 23, n. 3, p. 263–273.

HOLSAPPLE, C. W. (2001). Knowledge Management support of decision making. **Decision Support Systems**. Vol. 31, n. 1, p. 1-3.

HOLT, D. T.; BARTCZAK, S. E.; CLARK, S. W.; TRENT, M. R. (2004). The development of an instrument to measure readiness for knowledge management. In R. Sprague (Ed.), *Proceedings of the 37th Hawaii international conference on system sciences* (p. 80238b). IEEE Press.

HOLTSHOUSE, D. (1998). Knowledge research issues. **California Management Review**. Vol. 40, n. 3, p. 277–80.

HORVATH, J. A. (1999). **Working with tacit knowledge, in Cortada**. Knowledge Management Yearbook, Butterworth-Heinemann, Boston, MA, p. 34-51.

HUBER, G. P. (1991). Organizational learning: the contributing process and the literatures. **Organizational Science**. Vol. 2, n.1, p. 88-115.

HUNG, Y. H.; CHOU, S. C. T.; TZENG, G. H. (2011). Knowledge management adoption and assessment for SMEs by a novel MCDM approach. **Decision Support Systems**. Vol. 51, p. 270 – 291.

HLUPIC, V.; POULOUDI, A.; RZEVSKI, G. (2002). Towards an integrated approach to Knowledge Management: ‘hard’, ‘soft’ and ‘abstract’ issues. **Knowledge and Process Management**. Vol. 9, n. 2, p. 90-102.

JAFARI, P.; KALANAKI, M. (2012). Relationship between the dimensions of learning organization and readiness-to-change. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**. Vol. 46, p. 5811 – 5815.

JOHNSON, M. (2002). Wavform Base Clustering and Classification of AE Transients in Composite Laminates using Principal Component Analysis. **NDT&E International**. Vol. 35, p. 367-376.

JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W. (2007). **Applied Multivariate Statistical Analysis**. New Jersey, Prentice-Hall, Inc., 5 ed., 797p.

MYNSBRUGGE, J. V. (2010). **Bidding Strategies Using Price Based Unit Commitment in a Deregulated Power Market**. K.U.Leuven.

JOSHI, K. D.; SARKER, S.; SARKER, S. (2007). Knowledge transfer within information systems development teams: Examining the role of knowledge source attributes. **Decision Support Systems**. Issue 43, n. 2, p. 322–335.

KAKABADSE, N. K.; KAKABADSE, A.; KOUZMIN, A. (2003). Reviewing the knowledge management literature: towards and taxonomy. **Journal of Knowledge Management**. Vol. 7, p. 4.

KALE, S.; KARAMAN, E. A. (2012). A Diagnostic Model for Assessing the Knowledge Management Practices of Construction Firms. **KSCE Journal of Civil Engineering**. Vol. 16, n° 4, p. 526-537.

KANG, P.; WANG, X. (2012). Performance Evaluation of Knowledge Transfer among Supply Chain Enterprises based on Weighted Principal Component Analysis. **International Conference on Future Computer Supported Education – Procedia**. Vol. 2, p. 389 – 397.

KASUYA, E. (2004). Angular transformation – another effect of different sample sizes. **Ecological Research**. Vol. 19, pp. 165–167.

KASVI, J. J.; VARTIAINEN, M.; HAILIKARI, M. (2003). Managing knowledge and knowledge competences in projects and project organizations. **International Journal of Project Management**. Vol. 21, p. 571–582.

KENDALL, M.; GIBBONS, J. (1990). **Rank correlation methods**. New York: Oxford University Press.

KENDALL, M. G.; STUART, A. (1973). **The Advanced Theory of Statistics**. Griffin, London, vol. 2, 723 pp.

KIM, D. G. (1993). The link between individual and organizational learning. **Sloan Management Review**. Vol. 35, n. 1, p. 37-50, Fall.

KIM, S. J.; HONG, J. Y.; SUH, E. H. (2012). A diagnosis framework for identifying the current knowledge sharing activity status in a community of practice. **Expert Systems with Applications**. Vol. 39, p. 13093–13107.

KIM, Y. G.; YU, S. H.; LEE, J. H. (2003). Knowledge strategy planning: methodology and case. **Expert Systems with Applications**. Vol. 24, n. 3, p. 295–307.

KOLENIKOV, S.; ANGELES, G. (2009). Socioeconomic status measurement with discrete proxy variables: is principal component analysis a reliable answer? **Review of Income and Wealth**. Series 55, n. 1, p. 129 – 165.

KOLENIKOV, S.; ANGELES G. (2004). **The Use of Discrete Data in PCA: Theory, Simulations, and Applications to Socioeconomic Indices**. University of North Carolina.

LABORATÓRIO NACIONAL DE ASTROFÍSICA, Ministério da Ciência e Tecnologia. (2006). **Plano Diretor 2006 – 2010: planejamento estratégico do LNA**. Itajubá, MG.

LAWRENCE D. B.; TONY T. C.; HARRISON H. Z. (2010). Nonparametric Regression in Exponential Families. **The Annals of Statistics**. Vol. 38, n. 4, pp. 2005–2046.

LEV, B. (2001). **Intangibles: Management, measurement, and reporting**. Washington, DC: Brookings Institution Press.

LEVITT, B.; MARCH, J. (1988). Organizational Learning. **Annual Review of Sociology**. Vol. 14, p. 319-40.

LI, M.; GAO, F. (2003). Why Nonaka highlights tacit knowledge: a critical review. **Journal of Knowledge Management**. Vol. 7, n. 4, p. 6-14.

LIAO, S.; CHANG, W.; WU, C. (2010). An integrated model for learning organization with strategic view: Benchmarking in the knowledge-intensive industry. **Expert Systems with Applications**. Issue 37, p. 3792–3798.

LIEBOWITZ, J.; AYYAVOO, N.; NGUYEN, H.; CARRAN, D.; ESIMIEN, J. (2007). Crossgenerational knowledge flows in edge organizations. **Industrial Management and Data Systems**. Vol. 107, n. 8, p. 1123–1153.

LINDNER, F.; WAL, A. (2011). Success factors of knowledge management in temporary organizations. **International Journal of Project Management**. Vol. 29, p. 877–888.

LINGVALL, F.; STEPINSKI, T. (2000). Automatic Detecting and Classifying Defects During Eddy Current Inspection of Riveted Lap-Joints. **NDT&E International**. Vol. 33, p. 47–55.

LIU, C. H.; LEE, C. S.; WANG, M. H.; TSENG, Y. Y.; KUO, Y. L.; LIN, Y. C. (2012). Apply fuzzy ontology and FML to knowledge extraction for university governance and management. **Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing**. Versão *on-line* – Vol. 3, ISSN 1868-5145.

Longbottom, D.; ECHOURIDES, P. (2001). Knowledge management: A survey of leading UK companies. In P. Hermel (Ed.), Proceedings of the **2nd MAAOE international conference**. Versailles, France: UVSQ Press. p. 113–126.

LOPES, L. F. D. (2001). **Análise de Componentes Principais Aplicada à Confiabilidade de Sistemas Complexos**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis, 138 p.

MACHADO, M.; ARMANI, R. A.; GIACCHERO, T. S.; PEREIRA, T. R.; RUTKOWSKI, J. E. (2001). Iniciativa de Aprendizagem Organizacional: Abordagem Conceitual, Comparativa e Aplicativa. Universidade Federal de Ouro Preto, Departamento de Engenharia de Produção, Administração e Economia. **Anais ENEGEP**.

MARTENSSON, M. (2000). A critical review of Gestão do Conhecimento as a management tool. **Journal of Knowledge Management**. Vol. 4 n. 3, p. 204-16.

MARTINS, R. A. (2010). **Princípios da pesquisa científica**. In: MIGUEL, P. A. C. (org.) Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações. Rio de Janeiro: Elsevier, p. 5-29.

MARCH, J. (1991). Exploration and exploitation in organizational learning. **Organization Science**. Vol. 2, n. 1, p. 71–87.

MARR, B. (2004). Measuring and benchmarking intellectual capital. **Benchmarking**. Vol. 11, n. 6, p. 559–570.

MARTINSONS, M., DAVISON, R.; TSE, D. (1999). The balanced scorecard: A foundation for the strategic management of information systems. **Decision Support Systems**. Vol. 25, p. 71–88.

MEHRABANI, S. E.; SHJARI, M. (2012). Knowledge Management and Innovation Capacity. **Journal of Management Research**. Vol. 4, nº 2, p. 164 – 177.

METAXIOTIS, K.; ERGAZAKIS, K. S.; PSARRAS, J. (2003). Decision support through Gestão do Conhecimento: the role of the artificial intelligence. **Information Management e Computer Security**. Vol. 11, n. 5, p. 216-221.

MINER, A.; MEZIAS, S. (1996). Ugly ducking no more: pasts and futures of organizational learning research. **Organization Science**, Vol. 7 (1), p. 88–99.

MINGOTI, S. A. (2001). Pareto Chart and Principal Components Analysis Combined. **Revista Produto & Produção**. Vol. 5, n. 1, p. 21-29.

MINTZBERG, H.; LAMPEL, J.; AHLSTRAND, B. (1998). **Strategy Safari : A guided tour through the wilds of strategic management**. Free Press; 1ª edição.

MONTGOMERY, D. C. (2001). **Design and Analysis of Experiments**. John Wiley & Sons, 5 ed., p. 699.

MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. (2003). **Estatística Aplicada e Probabilidade para Engenheiros**. LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 2 ed., 570p.

MORABITO, R.; PUREZA, V. (2010). **Modelagem e Simulação**. In: MIGUEL, P. A. C. (org.) Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações. Rio de Janeiro: Elsevier, p. 73-123.

MORALES, V. J. G.; BARRIONUEVO, M. M. J.; GUTIÉRREZ, L. G. (2012). Transformational leadership influence on organizational performance through organizational learning and innovation. **Journal of Business Research**. Vol. 65, p. 1040–1050.

MOWERY, D. C. (2010). Alfred Chandler and Knowledge Management within the firm. **Industrial and Corporate Change**. Vol. 19, n. 2, p. 483–507.

MULAIK, S. A. (2009). **Linear Causal Modeling with Structural Equations**. Taylor and Francis Group, LLC, Chapman & Hall/CRC, 445p.

MURPHY, T. E. (2004). **Multivariate Quality Control Using Loss-Scaled Principal Components**. PhD. Thesis, Industrial and Systems Engineering, Georgia Institute of Technology, 248p.

NAGARAJAN, S.; GANESH, K.; PUNNIYAMOORTHY, M.; RESMI, A. T. (2012). Framework for Knowledge Management Need Assessment. **Procedia Engineering**. Vol. 38, p. 3668 – 3690.

NEVES, S. M. (2010). **Análise de Riscos em Projetos de Desenvolvimento de Software por meio de Técnicas de Gestão do Conhecimento**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Itajubá - UNIFEI.

NGA, A. H. H.; YIP, M. W.; DIN, S. B.; BAKARB, N. A. (2012). Integrated Knowledge Management Strategy: A Preliminary Literature Review. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**. Vol. 57, p. 209 – 214.

NGAI, E.W.T.; CHAN, E.W.C. (2005). Evaluation of Knowledge Management tools using AHP. **Expert Systems with Applications**. Vol. 29, p. 889–899.

NICOLAS, R. (2004). Knowledge Management impacts on decision making process. **Journal of Knowledge Management**. Vol. 8, n. 1, p. 20-31.

NONAKA, I.; TAKEUCHI, H. (1995). **The knowledge creating company: how Japanese companies create the dynamics of innovation**. New York: Oxford University Press. p. 284.

NONAKA, I.; TOYAMA, R. (2003). The knowledge-creating theory revisited: Knowledge creation as a synthesizing process. **Knowledge Management Research e Practice**. Vol. 1, p. 2–10.

NONAKA, I.; VON KROGH, G. (2009). Tacit Knowledge and Knowledge Conversion: Controversy and Advancement in Organizational Knowledge Creation Theory. **Organization Science**, Vol. 20, n. 3, p. 635–652.

NDLELA, L. T., ETOIT, A. S. A. (2001). Establishing a knowledge management programme for competitive advantage in an enterprise. **International Journal of Information Management**. Vol. 21, n. 2, p. 151–165.

OLSSON, U. (1979). Maximum likelihood estimation of the polychoric correlation coefficient. **Psichometrika**. Vol. 44, p. 443–460.

PAIVA, A. P. (2006). **Metodologia de Superfície de Resposta e Análise de Componentes Principais em Otimização de Processos de Manufatura com Múltiplas Respostas Correlacionadas**. (Tese de Doutorado). Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI.

PAIVA, A. P.; COSTA, S. C.; PAIVA, E. J.; BALESTRASSI, P. P.; FERREIRA, J. R. (2010). Multi-objective Optimization of Pulsed Gas Metal Arc Welding Process Based on Weighted Principal Component Scores. **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**. DOI 10.1007/s00170-009-2504-y.

PAIVA, E. J. (2012). **Erro Quadrático Médio Multivariado na otimização do torneamento do aço ABNT 52100 endurecido**. (Tese de Doutorado). Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI.

PADMA, T.; BALASUBRAMANIE, P. (2009). Knowledge based decision support system to assist work-related risk analysis in musculoskeletal disorder. **Knowledge-Based Systems**. Vol. 22, n. 1, p. 72-78.

PAN, S. L.; NEWELL, S.; HUANG, J.; GALLIERS, R. D. (2007). Overcoming Knowledge Management challenges during ERP implementation: The need to integrate and share different types of knowledge. **Journal of the American Society for Information Science and Technology**. Vol. 58, n. 3, p. 404–419.

PEARSON, K. (1901). Mathematical contributions to the theory of evolution, VII: On the correlation of characters not quantitatively measurable. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London**. Series A, 195, p. 1–47.

PEARSON, K.; PEARSON, E. (1922). On polychoric coefficients of correlation. **Biometrika**. Vol. 14, p. 127–156.

PEDLER, M.; BURGOYNE, J.; BOYDELL, T. (1991). **The Learning Company : A strategy for Sustainable Development**. Great Britain, McGraw-Hill.

PEMBERTON, J. D.; STONEHOUSE, G. H.; YARROW, D. J. (2001). Benchmarking and the role of organizational learning in developing competitive advantage. **Knowledge and Process Management**. Vol. 8, n. 2, p. 123–135.

PEREIRA, T. A. C. (2004). **Análise de Componentes Principais com Escalonamento Ótimo: Descrição da Metodologia e uma Aplicação na Gestão da Qualidade Total**. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.

PERES-NETO, P. R.; JACKSON, D. A.; SOMERS, K. M. (2005). How Many Principal Components? Stopping Rules for Determining the Number of Non-Trivial Axes Revisited. **Computacional Statistics & Data Analysis**. Vol. 49, p. 974-997.

POLANYI, M. (1996). **The Tacit Dimension**. University of Chicago Press, Chicago.

POON, W.; LEUNG, K.; E LEE, S. (2002). The comparison of single item constructs by relative mean and relative variance. **Organizational Research Methods**. Vol. 5, p. 275–298.

PRICHARD, C.; HULL, R.; CHUMER, M.; WILLMOTT, H. (2000). **Managing Knowledge: Critical Investigations of Work and Learning**. London, Macmillan Press.

PROBST, G.; BUCHEL, B. S. T. (1997). **Organizational learning**. London, Prentice Hall.

PROBST, G.; RAUB, S.; ROMHARDT, K. (2002). **Gestão do Conhecimento: Os elementos construtivos do sucesso**. São Paulo. Editora Bookman.

RAUFFET, P.; CUNHA, C.; BERNARD, A. (2012). Conceptual model and IT system for organizational capability management. **Computers in Industry**. Vol. 63, p. 706–722.

RANTAPUSKA, T.; IHANAINEN, O. (2008). Knowledge use in ICT investment decision making of SMEs. **Journal of Enterprise Information Management**. Vol. 21, n. 6, p. 585-596.

RENCHE, A. C. (2002). **Methods of Multivariate Analysis**. John Wiley and Sons. 2ª Edição.

RIBEIRO JR., H. J.; STANO, R. C. T. M. (2010). Laboratório Nacional de Astrofísica do Ministério da Ciência e Tecnologia - um diagnóstico para implantação do programa de gestão do conhecimento. **Gestão & Produção**. Vol.17, n. 1, São Carlos.

ROWLEY, J. (1999). What is Knowledge Management? **Library Management**. Vol. 20, n.8, p. 416- 419.

RÜCKER, G. (2010). **Small-study effects and heterogeneity in meta-analysis**. (Tese de Doutorado em Matemática e Física). Universidade de Freiburg, 127p.

RUSSELL, R. S.; BERNARD W.; TAYLOR III. (2006). **Operations Management**. John Wiley & Sons. p. 497–498.

SAMPIERI, R. A.; COLLADO, C. F.; LUCIO, P. B. (2006). **Metodologia de pesquisa**. 3ª edição. São Paulo: McGraw-Hill.

SÁNCHEZ, L. E.; MORRISON-SAUNDERS, A. (2011). Learning about knowledge management for improving environmental impact assessment in a government agency: The Western Australian experience. **Journal of Environmental Management**. Vol. 92, p. 2260 – 2271.

SEDERA, D.; GABLE, G. G. (2010). Knowledge Management Competence for Enterprise System Success. **Journal of Strategic Information Systems**. Vol. 19, p. 296–306

SENGE, P. M. (1998). **A quinta disciplina: A arte e prática da organização que aprende**. Editora Best Seller, 2ª edição. São Paulo.

SERNA, E. M. (2012). Maturity model of Knowledge Management in the interpretativist perspective. **International Journal of Information Management**. Vol. 32, p. 365– 371.

SILVEIRA, A. A. (2004). **Gestão de conhecimento com ênfase na aprendizagem organizacional: um estudo multicaso no contexto bancários**. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI. Itajubá, MG.

SCHENDEL, D. (1996). Knowledge and The Firm. **Strategic Management Journal**. Vol. 17, Winter, p. 1-4.

SCREMIN, M. A. A. (2003). **Método para Seleção do Número de Componentes Principais com base na Lógica Difusa**. (Tese de Doutorado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Santa Catarina, 124p.

SHERIF, K.; XING, B. (2006). Adaptive processes for knowledge creation in complex systems: The case of a global IT consulting firm. **Information and Management**. Vol. 43, n. 4, p. 530–540.

SHRIVASTAVA, P. (1983). A typology of organizational learning systems. **Journal of Management Studies**. Vol. 20, n. 1, p.7-28.

ŠKERLAVAJ, M.; SONG, J.; LEE, Y. (2010). Organizational learning culture, innovative culture and innovations in South Korean firms. **Expert Systems with Applications**. Vol. 37, p. 6390–6403.

SHOPHIAN, A.; TIAN, G. Y.; TAYLOR, D.; RUDLIN, J. (2003). A Feature Extraction Technique Based on ACP for Pulsed Eddy Current NDT. **NDT&E International**. Vol. 36, p. 37-41.

SMITS, M.; MOOR, A. D. (2004). Measuring knowledge management effectiveness in communities of practice. In R. Sprague (Ed.), **Proceedings of the 37th Hawaii international conference on system sciences**. IEEE Press.

SOUZA FILHO, J. B. O. (2002). **Análise de Componentes Principais em Sistemas de Sonar**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Elétrica, COPPE/UFRJ, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 171p.

STATA, R. (1989). Organizational Learning: the key to management innovation. **Sloan Management Review**. Vol. 30, n. 3, p. 63-74, Sprint.

STEIL, A. V.; PACHECO R. C. S. (2008). Aprendizagem Organizacional e Criação de Conhecimento – Em um Instituto Privado de Ciência e Tecnologia. **Estratégia e Negócios**. Vol. 1, n. 2, p. 20, jul./dez. Florianópolis.

STENMARK, D. (2001). Leveraging tacit organizational knowledge. **Journal of Management Information Systems**. Vol. 17, n. 3, p. 9-24.

SITZMANN, T.; JOHNSON, S. K. (2012). When is ignorance bliss? The effects of inaccurate self-assessments of knowledge on learning and attrition. **Organizational Behavior and Human Decision Processes**. Vol. 117, p. 192–207.

SUN, Z.; BEBIS, G., MILLER, R. (2004). Object Detection Using Feature Subset Selection. **Pattern Recognition**. Vol. 37, p. 2165-2176.

SVEIBY, K. E. (1997). **The New Organization Wealth: Managing and measuring knowledge-based assets**. São Francisco, Berreth-Koehler Publishers.

SWINIARSKI, R. W.; SKOWRON, A. (2003). Rough Set Methods in Feature Selection and Recognition. **Pattern Recognition Letters**. Vol. 24, p. 833-849.

TAKEUCHI, H.; NONAKA, I. (2008). **Gestão do conhecimento**. Porto Alegre: Bookman.

TEECE, D. J. (1998). Research directions for knowledge management. **California Management Review**. Vol. 40, n. 3, p. 289–93.

TELLO, F. P. H.; MOSCOSO, S. C.; GARCÍA, I. B.; ABAD, E. V. (2010). Polychoric versus Pearson correlations in exploratory and confirmatory factor analysis of ordinal variables. **Qual Quant**. Vol. 44, p. 153–166.

TERRA, J. C. C. (1999). **Gestão do Conhecimento – Aspectos conceituais e estudo exploratório sobre as práticas de empresas brasileiras**. (Tese de Doutorado em Eng. Produção). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Escola Politécnica da USP, São Paulo, SP.

TINO, V. F. (2005). **Utilização de Análise de Componentes Principais para a Regulagem de Máquinas de Injeção Plástica**. (Dissertação de Mestrado em Engenharia Elétrica). COPPE/UFRJ, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 90p.

TOFFLER, A. (1980). **A terceira onda**. Rio de Janeiro. Editora Record.

TSENG, SHU-MEI. (2008). Knowledge Management system performance measure index. **Expert Systems with Applications**. Vol. 34, p. 734–745.

VIJANDE, M. L. S.; SÁNCHEZ, J. A. L.; TRESPALACIOS, J. A. (2012). How organizational learning affects a firm's flexibility, competitive strategy, and performance. **Journal of Business Research**. Vol. 65, p. 1079–1089.

VILLARDI, B. Q.; LEITÃO, S. P. (2000). **Organizações de Aprendizagem e Mudança Organizacional**. Vol 3, Maio/Junho.

VITO, G.; BLANKENSHIP, M. (2002). **Statistical analysis in criminal justice and criminology: A user's guide**. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall, Inc.

VON KROGH, G. (1998). Care in knowledge creation. **California Management Review**. Vol. 40, n. 3, p. 133–53.

VON KROGH, G.; ICHIJO, K.; NONAKA, I. (2000). **Enabling Knowledge Creation**. Oxford University Press, New York.

WAKEFIELD, R. L. (2005). Identifying knowledge agents in a KM strategy: the use of the structural influence index. **Information e Management**. Vol. 42, n. 7, p. 935–945.

WANG, X.; PALIWAL, K. K. (2003). Feature Extraction and Dimensionality Reduction Algorithms and Their Application in Vowel Recognition. **Pattern Recognition**. Vol. 36, p. 2429-2439.

WANG, T.; CHANG, T. (2007). Forecasting the probability of successful Knowledge Management by consistent fuzzy preference relations. **Expert Systems with Applications**. Vol. 32, n. 3, p. 801–813.

WARNE, K.; PRASAD, G.; REZVANI, S.; MAGUIRE, L. (2004), Statistical and Computational Intelligence Techniques for Inferential Model Development: a Comparative Evaluation and a Novel Proposition for Fusion. **Engineering Applications of Artificial Intelligence**. Vol. 17, n. 8, p. 871-886.

WEICK, K.; WESTLEY, F. (1996). **Organizational Learning: Affirming an Oxymoron**. Sage, London.

WEI-LI, C.; CAI-JIE, W. (2012). Study of the Construction of Assessment System on Regional Innovation Capacity in Knowledge Management. **Procedia Engineering**. Vol. 29, p. 1830 – 1834.

WENGER, E. (1998). **Communities of Practice: Learning, Meaning and Identity**. Cambridge University Press, Cambridge.

WU, W. W. (2012). Segmenting critical factors for successful knowledge management implementation using the fuzzy DEMATEL method. **Applied Soft Computing**. Vol. 12, p. 527–535.

YACOUB, F.; MACGREGOR, J. F. (2004). Product Optimization and Control in the Latent Variable Space of Nonlinear PLS Models. **Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems**. Vol. 70, p. 63-74.

YAO, Z.; YANG, Z.; FISHER, G. J.; MA, C.; FANG, E. (2013). Knowledge complementarity, knowledge absorption effectiveness, and new product performance: The exploration of international joint ventures in China. **International Business Review**. Vol. 22, p. 216–227.

YANG, C. F.; LAI, C. S. (2012). Relationship learning from organizational knowledge stores. **Journal of Business Research**. Vol. 65, p. 421–428.

YANG, J. (2004). Job-related knowledge sharing: Comparative case studies. **Journal of Knowledge Management**. Vol. 8, n. 3, p. 118–26.

YANG, J. (2010). The knowledge management strategy and its effect on firm performance: A contingency analysis. **International Journal of Production Economics**. Vol. 125. p. 215–223.

YOON, K. S. (2012). Measuring the Influence of Expertise and Epistemic Engagement to the Practice of Knowledge Management. **International Journal of Knowledge Management**. Vol. 8, n° 1, p. 40 – 70.

ZHANG, A.; LIN, J. (2005). Fault Feature Separation Using Wavelet-ICA Filter. **NDT&E International**. Vol. 38, p. 421-427.

ZHOU, H. (2011). The Study on Knowledge Management Performance Evaluation using Neural Network. **Procedia Engineering**. Vol. 23, p. 144 – 149.

Apêndice A

Nome: _____

Caro (a) Senhor (a),

A presente pesquisa, trata sobre aspectos relacionados a aprendizagem organizacional e visa subsidiar a elaboração da abordagem de Gestão do Conhecimento. Por favor, reflita cuidadosamente e responda todas as questões o mais *honestamente* possível, apoiado(a) em *seu* conhecimento sobre o Laboratório Nacional de Astrofísica.

O questionário contém duas partes. A primeira, composta por 21 itens, relacionados a aprendizagem organizacional, deverá ser atribuída uma nota para indicar o *grau de concordância* com as afirmações apresentadas, conforme demonstrado na escala abaixo:

Discordo Completamente	1	2	3	4	5	6	7	Concordo Completamente
								
<i>Quanto mais próximo do UM, menor o grau de concordância</i>				<i>Quanto mais próximo do SETE, maior o grau de concordância</i>				

A segunda parte destina-se a coletar informações demográficas e funcionais. Não será revelada identidade dos respondentes, garantido o sigilo e o anonimato. É importante ressaltar que não existem respostas “certas” ou “erradas”. Alguns itens podem parecer similares a outros, no entanto, cada um procura captar um tipo de informação.

16. Na organização em que trabalho há mecanismos que permitem aprender as práticas de sucesso de outras organizações. 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐
17. Nesta organização os gestores freqüentemente oferecem um retorno que ajuda a identificar possíveis problemas e oportunidades. 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐
18. Os servidores desta organização entendem como a missão organizacional será alcançada. 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐
19. Os servidores têm oportunidades de realizar auto avaliação com relação ao alcance dos objetivos organizacionais. 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐
20. A missão da organização em que trabalho pressupõe valores com os quais todos os servidores se identificam. 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐
21. Na organização em que trabalho, a maioria dos grupos de trabalho para resolução de problemas é composta por servidores de distintas áreas ou setores. 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

Instruções: Esta parte do questionário destina-se ao registro de dados demográficos e funcionais do respondente. Por favor, responda preenchendo os espaços em branco, ou marque um X na resposta mais apropriada.

1. Há quantos anos você trabalha nesta Organização? _____ anos

8. Em que setor/área da Organização você se encontra atualmente? _____

9. Há quantos anos você trabalha neste setor/ área? _____ anos

10. Por favor, indique o cargo que ocupa? _____

11. Qual o tipo de vínculo você possui com a Organização:

- ☐ (1) Servidor da própria organização;
- ☐ (2) Servidor cedido por outra organização;
- ☐ (3) Ocupante apenas de cargo comissionado;
- ☐ (4) Contratado via organismo internacional;
- ☐ (5) Terceirizado;
- ☐ (6) Outro.

13. Para finalizar, gostaria que informasse:

Idade: _____

Sexo: ☐ Masculino ☐ Feminino

Escolaridade:

- ☐ 2o grau completo ou <
- ☐ Superior incompleto
- ☐ Superior completo
- ☐ Especialização
- ☐ Mestrado
- ☐ Doutorado

*Muito Obrigado!
Sua colaboração é muito importante.*

Apêndice B

Matriz Variância-Covariância (Sigma), simulada com variância determinada por questão e com 75% de correlação.

COVA1_1	COVA1_2	COVA1_3	COVA1_4	COVA1_5	COVA1_6	COVA1_7	COVA1_8	COVA1_9	COVA1_10	COVA1_11	COVA1_12	COVA1_13	COVA1_14	COVA1_15	COVA1_16	COVA1_17	COVA1_18	COVA1_19	COVA1_20
2,480	0,984	1,604	2,272	2,070	1,894	2,085	2,014	2,132	2,147	1,949	1,927	2,240	2,062	1,939	1,680	2,033	1,889	2,042	1,798
0,984	0,695	0,849	1,203	1,096	1,003	1,104	1,066	1,128	1,136	1,032	1,020	1,186	1,092	1,026	0,889	1,076	1,000	1,081	0,952
1,604	0,849	1,845	1,960	1,785	1,634	1,799	1,737	1,839	1,852	1,682	1,662	1,933	1,779	1,673	1,449	1,753	1,630	1,761	1,551
2,272	1,203	1,960	3,700	2,528	2,314	2,547	2,460	2,604	2,623	2,381	2,354	2,737	2,520	2,368	2,052	2,483	2,308	2,494	2,197
2,070	1,096	1,785	2,528	3,071	2,108	2,321	2,241	2,372	2,389	2,169	2,144	2,493	2,295	2,158	1,869	2,262	2,102	2,272	2,001
1,894	1,003	1,634	2,314	2,108	2,571	2,123	2,050	2,171	2,186	1,985	1,962	2,281	2,100	1,974	1,711	2,070	1,924	2,079	1,831
2,085	1,104	1,799	2,547	2,321	2,123	3,117	2,258	2,390	2,407	2,186	2,160	2,512	2,312	2,174	1,883	2,279	2,118	2,289	2,016
2,014	1,066	1,737	2,460	2,241	2,050	2,258	2,907	2,308	2,324	2,110	2,086	2,426	2,233	2,099	1,819	2,201	2,045	2,210	1,947
2,132	1,128	1,839	2,604	2,372	2,171	2,390	2,308	3,258	2,461	2,234	2,208	2,568	2,364	2,222	1,925	2,330	2,165	2,340	2,061
2,147	1,136	1,852	2,623	2,389	2,186	2,407	2,324	2,461	3,304	2,250	2,224	2,586	2,381	2,238	1,939	2,346	2,180	2,357	2,076
1,949	1,032	1,682	2,381	2,169	1,985	2,186	2,110	2,234	2,250	2,724	2,019	2,348	2,162	2,032	1,761	2,130	1,980	2,140	1,885
1,927	1,020	1,662	2,354	2,144	1,962	2,160	2,086	2,208	2,224	2,019	2,661	2,321	2,137	2,008	1,740	2,106	1,957	2,115	1,863
2,240	1,186	1,933	2,737	2,493	2,281	2,512	2,426	2,568	2,586	2,348	2,321	3,598	2,484	2,335	2,023	2,448	2,275	2,459	2,166
2,062	1,092	1,779	2,520	2,295	2,100	2,312	2,233	2,364	2,381	2,162	2,137	2,484	3,050	2,150	1,863	2,254	2,095	2,264	1,994
1,939	1,026	1,673	2,368	2,158	1,974	2,174	2,099	2,222	2,238	2,032	2,008	2,335	2,150	2,695	1,751	2,119	1,969	2,128	1,874
1,680	0,889	1,449	2,052	1,869	1,711	1,883	1,819	1,925	1,939	1,761	1,740	2,023	1,863	1,751	2,023	1,836	1,706	1,844	1,624
2,033	1,076	1,753	2,483	2,262	2,070	2,279	2,201	2,330	2,346	2,130	2,106	2,448	2,254	2,119	1,836	2,962	2,065	1,844	1,624
1,889	1,000	1,630	2,308	2,102	1,924	2,118	2,045	2,165	2,180	1,980	1,957	2,275	2,095	1,969	1,706	2,065	2,231	2,074	1,965
2,042	1,081	1,761	2,494	2,272	2,079	2,289	2,210	2,340	2,357	2,140	2,115	2,459	2,264	2,128	1,844	2,231	2,074	2,988	1,974
1,798	0,952	1,551	2,197	2,001	1,831	2,016	1,947	2,061	2,076	1,885	1,863	2,166	1,994	1,874	1,624	1,965	1,826	1,974	2,318

Apêndice C

Matriz Multivariada Normal para $r = 0,75$ e $CV = 0,20$

Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12	Q13	Q14	Q15	Q16	Q17	Q18	Q19	Q20
2,602	3,203	3,235	3,457	2,318	3,092	2,354	3,628	3,133	3,323	3,532	1,933	2,871	3,921	2,597	3,248	3,100	3,578	4,074	4,012
3,281	2,935	2,802	3,573	2,678	3,493	3,842	3,433	2,779	4,175	3,897	3,084	2,923	4,479	3,92	3,882	3,637	3,003	3,839	3,971
3,842	3,786	3,766	6,189	4,429	4,068	3,588	4,945	3,652	4,742	5,301	4,323	4,443	4,078	4,172	4,555	4,672	4,653	3,919	4,556
2,606	2,754	2,879	3,259	2,576	2,801	3,656	4,832	3,694	4,567	4,600	3,680	3,893	3,630	3,353	2,851	3,065	4,063	3,270	3,207
3,079	3,074	2,462	3,254	2,644	2,266	1,000	3,508	1,515	3,768	2,718	2,669	2,438	2,931	2,488	3,236	2,613	3,416	2,396	4,342
2,780	1,553	1,917	1,000	1,490	2,402	2,962	3,192	1,877	2,294	3,705	2,366	2,692	1,000	1,874	1,867	2,485	3,004	1,409	1,000
2,388	2,870	2,543	3,688	2,957	2,142	2,931	2,814	2,614	1,692	3,533	2,742	4,400	3,773	2,300	3,330	3,251	4,013	3,034	2,788
1,905	2,285	2,327	2,378	1,744	2,365	2,530	2,017	2,912	3,478	2,568	2,594	1,500	2,566	2,070	1,366	2,953	2,156	1,636	2,846
3,080	1,846	3,317	4,628	2,613	2,628	2,712	2,941	1,837	3,133	2,474	3,126	1,826	3,792	3,376	2,104	4,074	2,836	2,711	3,339
5,311	4,265	3,954	2,788	4,598	4,154	5,248	5,303	3,934	4,441	4,425	3,814	4,924	4,317	4,281	4,447	5,515	4,668	3,669	4,790
2,809	3,545	2,465	3,243	2,751	2,527	2,147	3,657	1,630	3,025	4,306	2,170	3,209	2,762	1,919	3,023	3,829	1,716	2,813	2,743
3,577	1,980	2,334	3,778	1,136	2,857	2,647	3,216	3,491	3,967	4,850	3,261	2,795	3,877	2,233	2,937	4,030	3,474	2,073	3,541
1,689	1,000	2,423	1,681	2,342	2,054	1,587	2,277	1,000	1,990	1,942	2,080	3,320	2,968	1,000	2,004	2,885	2,375	3,000	2,155
2,000	1,955	1,575	1,625	1,476	2,138	1,985	3,659	1,889	2,808	2,206	2,687	3,798	3,283	2,422	1,935	2,931	2,948	2,938	2,344
2,223	1,830	1,000	1,241	2,264	2,812	2,206	1,582	1,835	1,752	3,114	3,645	3,714	3,173	2,363	2,233	3,174	2,777	1,902	2,349
4,388	3,982	3,947	4,618	3,240	3,715	2,939	5,300	3,889	5,089	2,711	3,116	4,102	4,416	3,870	4,205	4,859	4,549	4,617	4,152
3,240	1,309	2,047	2,605	2,628	2,360	1,880	2,161	1,522	1,526	2,267	3,040	2,412	2,970	2,094	2,480	2,205	2,503	2,172	3,656
4,262	2,408	4,453	3,308	4,027	3,648	3,459	4,208	2,590	4,222	3,759	2,659	3,457	3,618	3,338	2,400	4,206	4,003	3,917	3,795
4,653	3,734	4,612	5,639	4,652	3,569	5,544	5,134	3,815	4,867	4,219	4,337	4,259	4,192	3,402	4,325	5,683	4,778	4,030	3,660
4,939	5,146	4,593	5,583	4,526	4,803	7,000	6,857	4,890	4,962	6,422	5,381	4,545	4,460	5,261	4,643	5,698	3,949	5,467	5,471
2,807	4,094	1,525	2,449	1,255	2,794	2,203	3,810	2,385	3,111	4,102	1,974	2,254	2,968	2,907	1,795	3,365	3,298	3,452	1,682
2,550	2,847	2,344	3,020	3,527	3,393	2,788	3,301	3,328	3,360	3,869	2,633	3,123	3,295	2,186	4,623	2,372	2,923	3,473	3,364
2,864	3,004	2,473	3,656	1,775	2,627	2,019	3,902	2,682	3,733	3,575	2,740	1,993	3,210	2,181	2,146	2,565	3,076	2,887	3,290
1,000	1,599	1,964	2,244	1,829	2,318	1,460	2,407	1,052	1,000	2,589	2,273	1,363	2,082	2,038	1,853	2,192	1,000	1,671	1,378
5,136	3,622	5,096	6,126	4,397	4,738	4,248	4,598	3,524	4,509	4,630	3,920	4,249	4,905	4,257	4,222	4,704	5,049	3,602	5,094
3,513	3,851	3,086	3,818	2,666	4,550	4,433	3,400	2,785	3,738	4,540	3,315	4,268	4,007	3,764	3,526	3,579	2,606	3,467	2,706
2,343	1,913	3,184	2,321	2,919	2,290	2,059	2,758	2,309	3,213	3,508	3,092	2,923	2,679	2,098	2,716	2,212	2,663	2,753	2,411
2,592	4,484	2,982	4,311	3,360	2,732	4,426	3,443	3,630	3,521	3,896	4,056	3,483	4,147	3,925	3,424	3,858	4,672	3,864	3,431
2,325	3,639	3,307	2,780	3,946	2,480	2,971	4,329	3,074	4,022	4,750	3,256	3,444	3,937	3,655	2,422	2,952	4,265	4,218	3,804
1,433	2,139	1,405	1,358	1,425	1,000	1,535	1,304	1,815	1,975	3,276	1,969	1,000	2,582	1,373	1,000	1,000	1,753	1,000	2,627
6,420	6,549	7,000	6,432	6,634	7,000	6,323	6,813	7,000	7,000	6,359	5,977	7,000	7,000	7,000	7,000	6,481	7,000	7,000	6,276
5,100	4,548	4,792	6,288	6,196	4,777	4,775	6,236	5,677	5,814	7,000	5,249	6,192	5,867	6,247	5,267	6,972	6,528	5,803	4,552
3,787	5,075	4,056	5,256	4,895	4,629	5,728	4,554	5,067	4,973	5,525	4,357	3,752	5,802	5,364	4,142	5,703	4,803	4,681	4,912
3,520	1,920	3,213	2,503	2,355	3,106	2,811	3,762	2,758	4,970	3,679	3,406	3,239	3,843	3,693	3,386	4,421	3,489	3,405	3,030
4,771	5,679	5,313	6,117	5,497	4,347	4,374	5,160	4,244	4,803	5,117	5,812	4,667	4,904	5,191	4,832	5,345	4,886	3,725	4,897
3,274	3,310	2,534	2,897	2,237	3,371	3,565	3,318	2,061	4,391	3,478	2,837	2,720	3,759	3,597	3,113	2,695	2,520	2,582	3,919
4,621	4,245	6,691	4,437	5,324	4,604	4,713	5,837	4,380	4,912	6,267	4,661	4,748	4,172	4,709	5,214	5,745	5,024	5,043	5,609
4,652	4,220	4,140	5,518	5,468	4,789	4,125	4,696	3,634	4,983	5,860	4,957	4,305	5,305	4,774	3,934	6,317	4,330	5,985	4,699
4,533	3,220	2,715	4,551	3,144	3,523	3,093	5,312	3,326	5,362	4,615	3,695	3,415	3,429	3,658	3,404	3,193	2,953	3,781	4,135
3,696	4,749	4,246	5,131	4,496	3,346	3,632	4,414	4,187	4,394	4,930	3,435	4,971	4,175	3,296	4,026	3,690	4,996	4,890	3,861

Apêndice D

Matriz Multinomial para $r = 0,75$ e $CV = 0,20$

Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12	Q13	Q14	Q15	Q16	Q17	Q18	Q19	Q20
2	3	3	3	2	3	2	4	3	3	3	2	3	4	2	3	3	4	4	4
3	3	3	4	2	3	4	3	3	4	4	3	3	5	4	4	4	3	3	4
4	4	4	7	5	4	4	5	4	5	6	4	5	4	4	5	5	5	4	5
2	3	3	3	2	3	4	5	4	5	5	4	4	4	3	3	3	4	3	3
3	3	2	3	2	2	1	3	1	4	3	2	2	3	2	3	2	3	2	4
3	1	2	1	1	2	3	3	2	2	4	2	2	1	2	2	2	3	1	1
2	3	2	4	3	2	3	3	2	1	3	3	4	4	2	3	3	4	3	3
2	2	2	2	1	2	2	2	3	3	2	2	1	2	2	1	3	2	1	3
3	1	3	5	2	2	2	3	1	3	2	3	1	4	3	2	4	3	2	3
6	4	4	3	5	4	5	6	4	5	4	4	5	4	4	5	6	5	4	5
3	3	2	3	3	2	2	4	1	3	4	2	3	3	2	3	4	1	3	3
4	2	2	4	1	3	2	3	3	4	5	3	3	4	2	3	4	3	2	3
1	1	2	1	2	2	1	2	1	2	2	2	3	3	1	2	3	2	3	2
2	2	1	1	1	2	2	4	2	3	2	2	4	3	2	2	3	3	3	2
2	1	1	1	2	3	2	1	1	1	3	4	4	4	2	2	3	3	2	2
4	4	4	5	3	4	3	6	4	5	2	3	4	4	4	4	5	5	5	4
3	1	2	2	2	2	2	2	1	1	2	3	2	3	2	2	2	2	2	4
4	2	5	3	4	4	3	4	2	4	4	2	3	4	3	2	4	4	4	4
5	4	5	6	5	3	6	5	4	5	4	4	4	4	3	4	6	5	4	4
5	5	5	6	5	5	7	7	5	5	7	6	5	5	5	5	6	4	6	6
3	4	1	2	1	3	2	4	2	3	4	2	2	3	3	1	3	3	3	1
2	3	2	3	3	3	3	3	3	3	4	2	3	3	2	5	2	3	3	3
3	3	2	4	1	2	2	4	2	4	4	3	2	3	2	2	2	3	3	3
1	1	2	2	1	2	1	2	1	1	2	2	1	2	2	1	2	1	1	1
5	4	5	6	4	5	4	5	3	5	5	4	4	5	4	4	5	5	4	5
3	4	3	4	2	5	5	3	3	4	5	3	4	4	4	3	4	2	3	2
2	2	3	2	3	2	2	3	2	3	3	3	3	2	2	3	2	2	3	2
2	5	3	4	3	3	4	3	4	3	4	4	3	4	4	3	4	5	4	3
2	4	3	3	4	2	3	4	3	4	5	3	3	4	4	2	3	4	4	4
1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	3	2	1	2	1	1	1	1	1	2
7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	6	7	7	7	7	7	7	7	7
5	5	5	7	7	5	5	7	6	6	7	5	7	6	7	5	7	7	6	5
4	5	4	5	5	5	6	5	5	5	6	4	4	6	6	4	6	5	5	5
3	2	3	2	2	3	3	4	3	5	4	3	3	4	4	3	4	3	3	3
5	6	6	6	6	4	4	5	4	5	5	6	5	5	5	5	6	5	4	5
3	3	2	3	2	3	3	3	2	4	3	3	3	4	3	3	2	2	2	4
5	4	7	5	6	5	5	6	4	5	7	5	5	4	5	5	6	5	5	6
5	4	4	6	6	5	4	5	4	5	6	5	4	6	5	4	7	4	6	5
5	3	3	5	3	3	3	6	3	6	5	4	3	3	4	3	3	3	4	4
4	5	4	4	5	3	4	4	4	4	5	3	5	4	3	4	4	5	5	4

Apêndice E

Matriz de Resposta do protocolo aplicado no LNA

Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12	Q13	Q14	Q15	Q16	Q17	Q18	Q19	Q20
5	4	2	6	3	5	5	6	3	1	4	5	1	6	2	3	4	3	2	6
4	5	3	5	4	5	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	3	3	3	5
5	5	5	6	3	3	5	6	3	6	5	5	4	7	7	3	2	4	3	4
4	3	1	3	4	1	1	1	6	2	7	4	1	1	2	1	1	2	5	1
4	7	5	6	7	6	2	6	5	4	3	2	3	7	6	1	1	3	4	4
4	2	1	4	6	2	1	4	1	5	4	3	1	4	3	3	1	4	1	6
4	6	3	2	3	5	6	3	4	6	4	6	2	5	4	5	3	3	3	3
5	7	6	4	3	4	2	6	5	6	2	4	3	3	3	3	3	2	5	5
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
5	6	3	5	5	3	4	5	6	5	2	7	5	2	2	3	3	2	5	5
4	3	3	3	7	4	2	1	1	4	1	2	1	7	5	1	2	1	1	3
3	3	5	3	5	3	4	1	1	4	3	2	4	6	4	4	4	3	4	3
5	3	3	4	4	4	4	2	2	4	4	5	3	6	4	3	2	4	3	6
4	4	5	5	4	5	5	4	4	4	4	5	3	6	4	4	4	4	5	4
4	3	3	5	2	2	4	5	2	6	5	3	3	5	5	3	3	3	4	5
3	2	2	4	7	1	1	1	1	7	1	1	1	5	1	1	1	1	1	4
6	4	5	4	4	5	4	4	5	6	4	6	4	7	4	2	5	5	6	5
4	5	2	5	3	5	3	3	2	5	3	3	2	6	3	3	3	3	2	2
4	3	4	5	4	5	4	5	5	3	5	3	3	5	3	2	4	5	3	4
4	4	3	4	5	3	4	5	3	5	2	6	1	5	2	3	2	2	4	5
1	3	1	5	7	1	2	4	1	7	1	1	1	4	6	1	1	1	2	2
4	4	4	5	4	3	4	5	3	7	3	5	3	7	2	3	1	3	2	2
5	6	1	1	7	1	1	2	3	7	4	1	4	2	7	1	1	6	7	6
4	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	4	7	4	7
7	5	5	5	6	6	5	4	4	5	5	6	7	5	6	6	4	7	6	4
5	4	3	5	6	5	3	3	4	4	4	3	2	4	4	3	3	5	5	4
4	4	5	4	4	4	5	2	4	4	2	4	6	7	3	5	2	4	4	2
5	4	5	7	2	6	4	4	5	6	5	7	6	7	7	5	7	6	5	4
3	2	4	2	3	5	2	3	4	4	2	4	4	5	2	6	4	5	4	4
5	4	5	6	2	4	6	3	4	5	6	4	4	5	4	5	4	6	5	7
5	5	7	5	6	2	3	3	4	4	5	3	1	4	3	1	4	4	5	4
6	6	6	5	7	6	6	5	5	5	4	7	5	7	5	6	5	6	5	6
5	4	5	5	5	4	1	4	3	3	2	4	1	2	1	3	2	5	6	4
4	3	4	2	4	5	1	3	4	5	4	5	2	3	3	3	1	4	4	4
3	1	1	2	7	3	1	1	1	4	2	2	1	2	1	1	1	1	3	3
6	6	6	6	1	7	7	7	7	6	5	7	7	7	6	7	4	6	7	7
4	7	7	7	1	7	7	7	7	7	7	7	4	7	7	7	4	7	7	5
5	5	6	4	5	5	4	5	5	5	4	5	6	6	6	6	6	6	6	6
4	6	6	5	3	5	6	5	5	7	6	4	3	7	7	5	4	6	2	4
4	2	3	2	6	3	2	2	3	3	2	4	2	6	2	3	2	1	3	4
5	4	5	4	4	4	6	2	3	6	3	4	2	6	3	7	1	3	2	6
2	3	4	3	4	3	5	3	3	7	2	3	1	6	1	7	1	2	1	7
4	2	2	2	5	3	2	3	2	4	2	2	2	3	2	2	2	2	1	2
4	3	2	2	6	1	3	6	1	7	2	4	1	4	3	4	2	4	6	2
4	3	2	2	7	2	1	2	2	4	2	1	2	4	1	2	2	3	2	2
5	2	1	2	6	2	1	2	1	3	2	2	1	4	3	3	2	4	1	2
5	2	2	3	4	3	1	2	2	4	4	3	1	3	1	3	2	3	1	4
3	3	3	3	1	3	1	2	3	3	2	2	3	3	4	3	2	2	2	3
3	3	3	4	6	2	2	2	2	3	2	4	2	4	3	3	3	2	3	3
4	1	1	1	7	1	1	1	1	4	1	1	1	4	1	2	1	1	1	1
4	3	3	4	1	3	2	3	2	7	1	3	5	7	7	2	2	1	6	2
5	2	2	4	5	3	2	3	2	3	2	2	2	5	5	3	2	3	2	2
4	4	4	5	4	4	2	4	7	3	1	5	1	4	7	6	1	5	4	5
6	4	4	5	5	3	7	5	4	4	4	4	1	5	4	4	3	3	5	4
4	3	3	4	6	6	4	4	6	5	3	4	3	6	5	5	2	5	3	5
4	2	1	2	2	2	1	3	2	5	2	2	1	4	1	2	1	1	2	4
6	5	5	4	7	4	1	4	3	4	3	4	4	7	4	4	2	3	1	4
5	2	3	3	6	3	4	4	3	3	3	2	4	6	3	2	3	3	3	3
5	5	5	6	5	5	5	3	5	5	6	5	1	7	3	6	4	6	5	5
4	2	2	3	5	1	2	2	4	5	3	4	2	6	2	3	3	6	2	4
5	6	6	5	2	6	6	6	6	7	4	6	6	6	7	6	5	6	4	6
5	4	4	5	5	4	4	2	3	4	5	5	5	5	3	5	3	4	4	5
4	7	6	7	5	5	4	3	5	5	5	3	5	3	2	6	6	5	5	6

Apêndice F

Matriz de Correlação Policórica extraída a partir do protocolo aplicado no LNA

Q1	1,000	0,372	0,388	0,293	-0,039	0,362	0,344	0,329	0,343	-0,075	0,393	0,486	0,450	0,194	0,231	0,217	0,462	0,473	0,449	0,320
Q2	0,372	1,000	0,686	0,603	-0,120	0,593	0,533	0,591	0,639	0,356	0,476	0,506	0,504	0,233	0,479	0,430	0,446	0,478	0,487	0,449
Q3	0,388	0,686	1,000	0,633	-0,236	0,674	0,667	0,527	0,663	0,264	0,541	0,570	0,630	0,470	0,439	0,650	0,694	0,621	0,516	0,466
Q4	0,293	0,603	0,633	1,000	-0,241	0,600	0,608	0,597	0,559	0,185	0,589	0,508	0,432	0,386	0,467	0,405	0,554	0,489	0,379	0,441
Q5	-0,039	-0,120	-0,236	-0,241	1,000	-0,292	-0,385	-0,266	-0,328	-0,150	-0,302	-0,358	-0,230	-0,159	-0,200	-0,330	-0,290	-0,155	-0,228	-0,164
Q6	0,362	0,593	0,674	0,600	-0,292	1,000	0,636	0,535	0,729	0,122	0,517	0,647	0,625	0,487	0,479	0,663	0,660	0,653	0,389	0,467
Q7	0,344	0,533	0,667	0,608	-0,385	0,636	1,000	0,585	0,575	0,350	0,599	0,681	0,573	0,609	0,461	0,723	0,586	0,521	0,398	0,518
Q8	0,329	0,591	0,527	0,597	-0,266	0,535	0,585	1,000	0,593	0,349	0,395	0,592	0,420	0,356	0,500	0,373	0,395	0,427	0,406	0,421
Q9	0,343	0,639	0,663	0,559	-0,328	0,729	0,575	0,593	1,000	0,147	0,599	0,685	0,584	0,225	0,481	0,594	0,567	0,666	0,572	0,482
Q10	-0,075	0,356	0,264	0,185	-0,150	0,122	0,350	0,349	0,147	1,000	0,162	0,239	0,297	0,287	0,394	0,298	0,082	0,238	0,231	0,280
Q11	0,393	0,476	0,541	0,589	-0,302	0,517	0,599	0,395	0,599	0,162	1,000	0,505	0,438	0,194	0,377	0,427	0,574	0,665	0,453	0,429
Q12	0,486	0,506	0,570	0,508	-0,358	0,647	0,681	0,592	0,685	0,239	0,505	1,000	0,566	0,400	0,387	0,605	0,570	0,565	0,501	0,461
Q13	0,450	0,504	0,630	0,432	-0,230	0,625	0,573	0,420	0,584	0,297	0,438	0,566	1,000	0,413	0,575	0,575	0,703	0,594	0,544	0,371
Q14	0,194	0,233	0,470	0,386	-0,159	0,487	0,609	0,356	0,225	0,287	0,194	0,400	0,413	1,000	0,451	0,402	0,370	0,283	0,033	0,186
Q15	0,231	0,479	0,439	0,467	-0,200	0,479	0,461	0,500	0,481	0,394	0,377	0,387	0,575	0,451	1,000	0,338	0,397	0,525	0,418	0,245
Q16	0,217	0,430	0,650	0,405	-0,330	0,663	0,723	0,373	0,594	0,298	0,427	0,605	0,575	0,402	0,338	1,000	0,547	0,633	0,309	0,562
Q17	0,462	0,446	0,694	0,554	-0,290	0,660	0,586	0,395	0,567	0,082	0,574	0,570	0,703	0,370	0,397	0,547	1,000	0,669	0,528	0,381
Q18	0,473	0,478	0,621	0,489	-0,155	0,653	0,521	0,427	0,666	0,238	0,665	0,565	0,594	0,283	0,525	0,633	0,669	1,000	0,564	0,508
Q19	0,449	0,487	0,516	0,379	-0,228	0,389	0,398	0,406	0,572	0,231	0,453	0,501	0,544	0,033	0,418	0,309	0,528	0,564	1,000	0,306
Q20	0,320	0,449	0,466	0,441	-0,164	0,467	0,518	0,421	0,482	0,280	0,429	0,461	0,371	0,186	0,245	0,562	0,381	0,508	0,306	1,000

Apêndice G

Tabelade Resultados da aplicação do método ao LNA – parte 1.

	Média	Mediana	IPM (Média 2PC)	IPM (Média 3PC)	Vies 1	Vies 2	MAD 1	MAD 2
1	3,800	4,000	4,042	4,135	6,37%	8,82%	2,52%	2,67%
2	3,950	4,000	4,006	4,020	1,43%	1,78%		
3	4,550	5,000	4,418	4,391	2,91%	3,49%		
4	2,550	2,000	2,951	2,948	15,71%	15,63%		
5	4,300	4,000	4,042	3,967	6,00%	7,73%		
6	3,000	3,000	2,923	2,920	2,57%	2,67%		
7	4,000	4,000	4,003	4,031	0,08%	0,77%		
8	4,050	4,000	4,166	4,105	2,86%	1,36%		
9	5,000	5,000	4,893	4,890	2,13%	2,20%		
10	4,150	5,000	4,204	4,161	1,30%	0,27%		
11	2,800	2,500	2,636	2,656	5,85%	5,13%		
12	3,450	3,500	3,395	3,440	1,60%	0,30%		
13	3,750	4,000	3,779	3,824	0,79%	1,96%		
14	4,350	4,000	4,347	4,381	0,08%	0,70%		
15	3,750	3,500	3,800	3,792	1,33%	1,11%		
16	2,300	1,000	2,128	2,110	7,47%	8,27%		
17	4,750	5,000	4,707	4,703	0,91%	0,99%		

Tabelade Resultados da aplicação do método ao LNA – parte 2.

	Média	Mediana	IPM (Média 2PC)	IPM (Média 3PC)	Vies 1	Vies 2	MAD 1	MAD 2
18	3,350	3,000	3,444	3,477	2,82%	3,79%		
19	3,950	4,000	4,077	4,119	3,20%	4,27%		
20	3,600	4,000	3,545	3,544	1,54%	1,56%		
21	2,600	1,500	2,277	2,193	12,43%	15,65%		
22	3,700	3,500	3,567	3,569	3,59%	3,54%		
23	3,650	3,500	3,458	3,292	5,27%	9,81%		
24	6,550	7,000	6,005	5,969	8,32%	8,86%		
25	5,400	5,000	5,231	5,216	3,14%	3,41%		
26	3,950	4,000	3,946	3,932	0,11%	0,47%		
27	3,950	4,000	3,922	3,975	0,71%	0,64%		
28	5,350	5,000	5,338	5,370	0,22%	0,38%		
29	3,600	4,000	3,728	3,808	3,57%	5,77%		
30	4,700	5,000	4,818	4,854	2,52%	3,27%		
31	3,900	4,000	3,946	3,912	1,17%	0,30%		
32	5,650	6,000	5,334	5,337	5,59%	5,54%		
33	3,450	4,000	3,669	3,654	6,35%	5,91%		
34	3,400	4,000	3,511	3,511	3,28%	3,26%		
35	2,050	1,500	2,105	2,112	2,69%	3,00%		
36	6,100	6,500	6,063	6,072	0,60%	0,45%		

Tabelade Resultados da aplicação do método ao LNA – parte 3.

	Média	Mediana	IPM (Média 2PC)	IPM (Média 3PC)	Vies 1	Vies 2	MAD 1	MAD 2
37	6,150	7,000	6,038	6,023	1,83%	2,06%		
38	5,300	5,000	5,133	5,129	3,15%	3,23%		
39	5,000	5,000	4,823	4,824	3,53%	3,51%		
40	2,950	3,000	2,941	2,994	0,30%	1,48%		
41	4,000	4,000	3,902	3,955	2,46%	1,13%		
42	3,400	3,000	3,232	3,291	4,95%	3,20%		
43	2,450	2,000	2,579	2,608	5,26%	6,47%		
44	3,350	3,000	3,152	3,087	5,92%	7,86%		
45	2,500	2,000	2,504	2,508	0,14%	0,32%		
46	2,450	2,000	2,536	2,570	3,51%	4,92%		
47	2,650	3,000	2,895	2,946	9,24%	11,17%		
48	2,550	3,000	2,927	2,975	14,79%	16,66%		
49	2,950	3,000	2,972	2,997	0,74%	1,59%		
50	1,800	1,000	1,814	1,842	0,77%	2,35%		
51	3,400	3,000	3,415	3,382	0,44%	0,54%		
52	2,950	2,500	3,007	3,035	1,94%	2,88%		
53	4,000	4,000	4,033	4,032	0,84%	0,81%		
54	4,200	4,000	4,178	4,184	0,52%	0,39%		
55	4,300	4,000	4,089	4,107	4,91%	4,50%		

Tabelade Resultados da aplicação do método ao LNA – parte 4.

	Média	Mediana	IPM (Média 2PC)	IPM (Média 3PC)	Vies 1	Vies 2	MAD 1	MAD 2
56	2,200	2,000	2,470	2,501	12,29%	13,68%		
57	3,950	4,000	3,767	3,774	4,63%	4,45%		
39	3,400	3,000	3,373	3,407	0,79%	0,20%		
40	4,850	5,000	4,751	4,785	2,03%	1,34%		
41	3,250	3,000	3,242	3,277	0,24%	0,82%		
42	5,550	6,000	5,446	5,444	1,87%	1,91%		
43	4,200	4,000	4,196	4,233	0,09%	0,79%		
44	4,850	5,000	4,876	4,874	0,53%	0,50%		

Apêndice H

Procedimentos para extração da Matriz Policórica por Máxima Verossimilhança.

- Procedimento para o *software* LISREL[®]:
 1. Abrir os dados ordinais armazenados em planilhas do Excel[®];
 2. Copiar os dados para um arquivo de notas (Wordpad[®]);
 3. Salvar o arquivo em qualquer diretório desejado;
 4. Abrir o *software* LISREL[®];
 5. Importar os dados, solicitando para mostrar todos os arquivos;
 6. Salvar em – C:\Arquivos de Programas\LISREL88S\Tutorial;
 7. Definir o número de variáveis (Número de questões do protocolo, para a versão estudante esse número é de no máximo 20 variáveis);
 8. Executar a análise de correlação policórica.

Apêndice I

Procedimento para extração dos Componentes principais

- Procedimento para o *software* MINITAB[®]:
 1. Copiar a matriz de correlação policórica obtida com o *software* LISREL[®] para o Minitab[®];
 2. Completar a triangular superior com os dados da triangular inferior;
 3. Transformar as colunas da planilha do Minitab[®] em Matriz – Data/Copy/Columns to matrix;
 4. Rodar a análise de fator utilizando a matriz copiada e não os dados – Options/Compute from matrix;
 5. Armazenar o autovalor e os autovetores, para os autovetores – armazenar os coeficientes em forma de matriz;
- Procedimento para o *software* Excel:
 1. Padronizar as variáveis originais por meio da subtração da média e posterior divisão pelo desvio padrão;
 2. Multiplicá-la pelos respectivos autovetores;
 3. Compor o IMP utilizando os componentes significativos;
 4. Computar o viés entre as duas métricas – média e IMP.

Apêndice J

Técnicas de GC (NEVES, 2010)

Técnica de GC	Descrição
Aprender fazendo	Os documentos ou manuais ajudam os indivíduos a internalizarem o que vivenciaram, facilitando a transferência do conhecimento explícito para outras pessoas, auxiliando a que vivenciem as experiências dos outros. Ler ou ouvir um relato de sucesso faz com que alguns membros da organização sintam seu realismo e essência. Inclui modelos mentais ou know-how técnico compartilhado.
Banco de Competências	Utilizado para mapeamento do conhecimento existente na organização. Local onde os membros da organização podem procurar quando precisam de conhecimento ou recursos, além de obterem informação de como encontrá-los.
Brainstorming	Técnica de reuniões de grupo visando gerar ideias para a solução de um problema ou objetivos específicos. Incentiva a criatividade dos membros da equipe.
Cenários Simulações e Protótipos	Forma de combinar diferentes tipos de conhecimentos explícitos existentes na organização.
Comunidades de prática	Grupos interessados em trocar experiências, compartilhamento de técnicas e discussão de problemas de interesse de todos.
Conversas	
telefônicas e redes de comunicação computadorizadas	Os indivíduos trocam e combinam o conhecimento via telefone ou via rede de comunicação computadorizada.
Educação formal	A criação do conhecimento por meio da educação formal e do treinamento nas escolas assume esta forma.

Técnica de GC	Descrição
Equipes multidisciplinares	Trabalhos desenvolvidos por equipes diversificadas (por exemplo, em termos de origem, formação ou experiência profissional).
Metáforas/Analogias/ Conceitos/ Hipóteses ou Modelos	A metáfora é uma forma de perceber ou entender intuitivamente algo, imaginando outra coisa simbolicamente. A analogia é a apresentação das similaridades estruturais e funcionais entre duas coisas, ajuda a entender o desconhecido pelo conhecido. Uma vez que os conceitos explícitos tenham sido criados eles podem ser modelados, tornando o conhecimento disponível para o resto da empresa.
Narrativas e histórias orais	Consistem em atividades como palestras, seminários, visitas, etc.
Observação, imitação e prática	Aprendizado sem a utilização da linguagem, mas por meio da observação, imitação e pela prática da atividade.
Repositórios do conhecimento	Reunir o conhecimento e armazená-lo de forma que fique fácil a sua recuperação quando necessária. Há três tipos básicos de repositórios: conhecimento externo das organizações (por exemplo – inteligência competitiva); conhecimento interno nas organizações (relatórios de pesquisas); conhecimento informal interno (know-how, lições aprendidas).
Reuniões	Compartilhamento de experiências e fortalecimento da confiança mútua entre os participantes. Os indivíduos trocam e combinam o conhecimento.
Interações com clientes	Trata-se da interação com os clientes antes do desenvolvimento dos produtos e depois da introdução destes no mercado.
Treinamento no trabalho	Aprendizado baseado na experiência compartilhada.