



---

Universidade do Estado do Rio Grande do Norte - UERN  
Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA

Mestrado em Ciência da Computação  
UERN-UFERSA



# Modulações para Constelações de Sinais Sobre Variedades Riemannianas: Canal DMC Associado e Medida de Desempenho

Ênio Virgílio de Oliveira Matias

Orientador: Prof. Dr. João de Deus Lima

Número de ordem MCCPgEE:M002  
Mossoró, RN, Fevereiro de 2011



Universidade do Estado do Rio Grande do Norte - UERN  
Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA

Mestrado em Ciência da Computação  
UERN-UFERSA



# Modulações para Constelações de Sinais Sobre Variedades Riemannianas: Canal DMC Associado e Medida de Desempenho

Ênio Virgílio de Oliveira Matias

Orientador: Prof. Dr. João de Deus Lima

**Dissertação de Mestrado** apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação UERN/UFERSA (área de concentração: Infra-Estrutura de Comunicação) como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências da Computação.

Número de ordem MCCPgEE:M002  
Mossoró, RN, Fevereiro de 2011

# Modulações para Constelações de Sinais Sobre Variedades Riemannianas: Canal DMC Associado e Medida de Desempenho

Ênio Virgílio de Oliveira Matias

Dissertação de Mestrado apresentado em 22 de fevereiro de 2011

---

Prof. Dr. João de Deus Lima (Orientador) .....DME/UERN

---

Prof. Dr. Antônio Aparecido de Andrade .....DME/USPSRP

---

Prof. Dr. Pedro Fernandes Ribeiro Neto.....DI/UERN

---

Prof. Dr. Antônio Ronaldo Gomes Garcia .....DCE/UFERSA

# Dedicatória

*Dedico a Deus. A Tarcísio André Matias meu pai e Aurivan Isidoro de Oliveira Matias minha mãe e a meus filhos e filhas que são o motivo de minha felicidade.*

# Agradecimentos

A Deus por sua infinita bondade . A todas as pessoas que compõem o Mestrado em Ciência da Computação. A todos os meus colegas do mestrado que a toda hora estavam dispostos a me ajudar. Quero agradecer em especial ao professor Pedro Fernandes Ribeiro Neto por todo apoio que me deu nessa jornada e ao meu orientador o professor João de Deus Lima que é uma pessoa incrível e a meus pais Tarcísio André Matias e Aurivan Isidoro de Oliveira Matias e a minha irmã Regina Lúcio de Oliveira Matias os quais foram o esteio em que me segurei para poder seguir.

# Resumo

A proposta de um sistema de transmissão de dados em que os blocos codificação, modulação e canal são projetados de forma dependentes, realizada por Lima e Palazzo, tinha como objetivo inicial diminuir as incompatibilidades do sistema causadas por eventuais escolhas inadequadas de alguns destes componentes. Quando não ocorre incompatibilidade, há um ganho na complexidade do projeto, esta diminui, o tempo de processamento é menor, e conseqüentemente, temos um sistema de transmissão de melhor operacionalidade. Com a continuidade do desenvolvimento deste sistema, foi constatado que o ganho não é somente da complexidade, o método utilizado para construir o projeto de modulações, oferta uma enorme quantidade de opções de modulações, em espaços métricos inusitados, com propriedades que apontam que estes novos projetos são mais eficientes do que as modulações usuais. Neste contexto, serão estabelecidas neste trabalho projetos de modulações para constelações sobre variedades riemannianas bidimensionais topológicas, associadas a canais discretos sem memória, vindos de mergulhos do grafo completo bipartido. Além disso, serão apresentados: o conceito formal matemático de uma modulação compatível com um canal discreto sem memória, a identificação e construções topológicas dos projetos de modulações sobre variedades riemannianas bidimensionais orientáveis e não orientáveis, e uma medida para o desempenho destas modulações, utilizando uma matriz de probabilidades correspondente às transições do canal equiprovável, representante do canal associado à modulação. O propósito é mostrar que os projetos de modulações compatíveis com canais discretos sem memória são possíveis de serem realizados, a nível de construções topológicas e quanto ao aspecto de identificação em qualquer tipo de classe de variedade riemanniana bidimensional e ainda, que a proposta de Lima e Palazzo não só diminui a complexidade do sistema de transmissão de dados, como também oferta sistemas de modulações mais eficientes, cuja escolha pode ser realizada através de uma medida da eficiência que apontam as modulações de melhores performances.

**Palavras-chave:** sistema de comunicação, grafo completo bipartido, mergulho de grafo, modulação, canal, variedade riemanniana, topologia das superfícies.

# Abstract

Lima and Palazzo proposed data transmission system in which the block coding, modulation and channel are projected on dependent way. The initial objective is reduce the incompatibilities of the system caused by inadaquated possible choices of some of these components. When no incompatibilities occurs, there is a gain on the complexity of the project, this decreases the processing time is shorter, and therefore we have a transmission system with improved operability. With the continued development of this system, we found that the gain is not only the complexity, the method used to construct the design of modulations, offering a huge amount of options for modulations, unusual in metric spaces, with properties that suggest that these new designs are more efficient than the usual modulations. In this context, this work will be established for projects of modulation for constellations on two-dimensional topological Riemannian manifolds, associated with discrete memoryless channels, coming from embedding of complete bipartite graph. There will also be presented the formal mathematical concept of a modulation consistent with a discrete memoryless channel, the identification of projects and constructions of topological modulations on orientable and non-orientable two-dimensional Riemannian manifolds, and a measure for the performance of these modulations, using a matrix of probabilities corresponding to transitions of the equiprobable channel, representing the associated channel to the modulation. The purpose is to show that projects consistent with modulations of discrete memoryless channels are possible to be performed at the level of buildings and on the topological aspect of identification in any class of two-dimensional Riemannian manifold and further, that the proposal of Lima and Palazzo not only decreases the complexity of the data transmission, as well as offer more efficient modulation schemes, whose choice can be made through efficiency measures that link the modulations of the best performances.

**Keywords:** communications system, bipartite complete graph, graph embedding, modulation, channel, Riemannian manifold, surfaces topology.