

L'ingénierie de formation au Brésil : appropriations de la didactique française dans la recherche en éducation

Training engineering in Brazil: Appropriations of French didactics in educational research

Ronaldo Marcos De Lima Araujo and Luciane Texeira Da Silva

Volume 12, Number 4, 2023

La formation au prisme de l'ingénierie : controverses et innovation

URI: <https://id.erudit.org/iderudit/1106788ar>

DOI: <https://doi.org/10.7202/1106788ar>

[See table of contents](#)

Publisher(s)

Université de Sherbrooke
Champ social éditions

ISSN

1925-4873 (digital)

[Explore this journal](#)

Article abstract

The theme of training engineering is still relatively absent in Brazilian academic writing, appearing only in the early 2000s. In Brazil, research on "didactic engineering" is more frequent. In this article, we study the uses of the construct of didactic engineering in Brazilian scientific writing. This exploratory study is based on an analysis of theses and articles in Brazilian scientific journals. In Master's and doctoral programs, references to didactic engineering mask an uncritical and unoriginal appropriation of ideas most often imported from French didactics.

Cite this article

Marcos De Lima Araujo, R. & Texeira Da Silva, L. (2023). L'ingénierie de formation au Brésil : appropriations de la didactique française dans la recherche en éducation. *Phronesis*, 12(4), 67–91.
<https://doi.org/10.7202/1106788ar>

L'ingénierie de formation au Brésil : appropriations de la didactique française dans la recherche en éducation

Ronaldo MARCOS DE LIMA ARAUJO* et Luciane TEXEIRA DA SILVA**

**Groupe d'études et de recherches sur le travail et l'éducation*

Universidade Federal do Para, Brésil

***Universidade Federal de São Carlos, Brésil*

Mots-clés : ingénierie de formation ; ingénierie didactique ; didactique française ; formation professionnelle

Résumé : l'ingénierie de formation est encore un thème peu présent dans les productions académiques brésiliennes, n'apparaissant qu'au début des années 2000. Au Brésil, les recherches portant sur « l'ingénierie didactique » sont plus fréquentes. Dans cet article sont étudiées les usages du construit d'ingénierie didactique dans les productions scientifiques brésiliennes. Il s'agit d'une étude exploratoire, réalisée à partir d'une analyse de thèses et d'articles dans des revues scientifiques brésiliennes. Dans les programmes de Master et de doctorat, la convocation de l'ingénierie didactique masque une appropriation non critique et non originale d'idées le plus souvent importées de la didactique française.

Training engineering in Brazil: Appropriations of French didactics in educational research

Keywords: training engineering; didactic engineering; French didactics; professional training

Abstract: the theme of training engineering is still relatively absent in Brazilian academic writing, appearing only in the early 2000s. In Brazil, research on "didactic engineering" is more frequent. In this article, we study the uses of the construct of didactic engineering in Brazilian scientific writing. This exploratory study is based on an analysis of theses and articles in Brazilian scientific journals. In Master's and doctoral programs, references to didactic engineering mask an uncritical and unoriginal appropriation of ideas most often imported from French didactics.

Introduction

Ce projet d'article sur le construit d'ingénierie de formation vise à faire connaître son appropriation et son usage au Brésil. Pour cela, nous avons réalisé une étude afin d'identifier les recherches déjà effectuées et publiées au Brésil sur ce sujet. Nous avons cherché à : identifier ses fondements épistémologiques, théoriques et disciplinaires ; repérer les conditions de développement de ce construit au Brésil et ses différentes déclinaisons et interprétations. L'ingénierie de formation constitue-t-elle un nouveau paradigme pour les systèmes d'éducation et de formation au Brésil ? Dans ce pays, l'appropriation, la compréhension et l'usage de l'ingénierie de formation se traduisent-ils par une certaine originalité dans la manière d'utiliser ce construit dans les pratiques éducatives et formatives ?

Dans cet article, le terme d'originalité se doit d'être compris au sens de l'innovation pédagogique. Le concept d'ingénierie exprime l'ingéniosité, ce qui peut être considéré comme un changement dans les « racines des pratiques éducatives » (Saviani, 1980, p. 21).

À travers une recherche bibliographique, nous avons recensé les publications brésiliennes portant sur l'ingénierie de formation et celles dédiées à l'ingénierie didactique. Dans cet esprit, nous avons cherché à esquisser un profil institutionnel et géographique de l'utilisation de l'ingénierie de formation au Brésil. Nous avons analysé les travaux portant sur l'ingénierie didactique. En effet, l'ingénierie de formation est une notion peu mobilisée au Brésil, comme nous avons pu le constater à partir de la recension des écrits.

Nous avons classé les productions en deux ensembles de sources : 1. Les thèses de doctorat et les mémoires de Master dans le domaine de l'éducation ; 2. Les thèses de doctorat dans le domaine de l'enseignement des sciences et des mathématiques. Ensuite, nous avons retenu des articles publiés dans la plate-forme *SciELO* et faisant référence aux publications en sciences humaines. Cela a permis d'identifier d'une part, la production de nouveaux auteurs : étudiants en Master et au doctorat, et, d'autre part, celle de chercheurs plus expérimentés et disposant de publications plus régulières dans des revues savantes.

Après avoir recensé et analysé 18 mémoires et 23 thèses (identifiés dans la plateforme *Sucupira*) et 11 autres articles trouvés dans la base de données *SciELO*, nous avons constaté que l'usage de l'ingénierie didactique au Brésil reste expérimental dans l'enseignement des sciences et des mathématiques. En outre, cette ingénierie didactique est absente des usages quotidiens dans le domaine de l'enseignement-apprentissage au sein des écoles brésiliennes. Elle reste limitée aux contextes académiques des universités. Elle est mobilisée à des fins pragmatiques. À cet égard, les choix didactiques déterminent la convocation des connaissances scientifiques. Il semble qu'un relatif consensus se dégage dans l'usage de l'ingénierie didactique, dans ses définitions comme dans ses références théoriques.

Méthodologie

La première étape de notre recherche a consisté à recenser les travaux scientifiques dédiés à l'ingénierie didactique. Différentes banques de données ont été analysées : *Catálogo de Teses e Dissertações* (CTD) de la *Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior-Capes*¹ (Catalogue des thèses et mémoires de la Coordination pour l'amélioration du personnel de l'enseignement supérieur) ; *Scientific Electronic Library Online-SciELO*².

¹ La « CAPES », liée au Ministère brésilien de l'éducation, a pour fonction d'encourager la recherche scientifique et la formation post-universitaire *stricto sensu* (Masters et Doctorats). Le catalogue des thèses et des mémoires relevant du CAPES est « le système officiel en ligne du gouvernement brésilien pour le dépôt des thèses et des mémoires brésiliens ». Il compile les documents depuis 1987. En 2021, il y avait 1 259 865 résumés de thèses et de mémoires, rédigés entre les années 1987 et 2021. Depuis l'année 2013, les textes complets des écrits soutenus dans les programmes post-gradués brésiliens sont également disponibles en ligne : <https://biblioteca.pucrs.br/acervos/colecoes-online/teses-e-dissertacoes/catalogo-capes/>.

² *Biblioteca Eletrônica Científica Online* est une bibliothèque numérique en libre accès. Elle constitue un modèle coopératif de publication numérique de revues scientifiques brésiliennes : <https://www.scielo.br/?lng=pt>.

L'objectif de cette première étape était d'obtenir un état des connaissances sur l'ingénierie didactique. Il s'agit donc d'un travail [...] « d'enquête et d'évaluation des connaissances sur un sujet particulier, afin de permettre une [...] vue d'ensemble de ce qui a été produit et un répertoire permettant aux utilisateurs de comprendre l'évolution de la recherche dans le domaine, ainsi que ses caractéristiques, ses orientations, en plus d'identifier les lacunes ou manques qui pourraient demeurer » (Ferreira, 2002, p. 259).

Nous sommes partis du constat qu'au Brésil, « la production de connaissances scientifiques est basée principalement sur le niveau post-gradué » (Morosini, 2011, p. 1). Le catalogue des thèses et des mémoires du CAPES est la principale source de compilation de ces productions scientifiques.

Nous avons donné la priorité à cette source de données en raison du fait que les mémoires et les thèses sont nécessairement le résultat de recherches récentes, dont la qualité académique est vérifiée par les comités d'évaluation. Par conséquent, l'ensemble de ces données est susceptible de révéler les tendances actuelles de la recherche, ainsi que les références bibliographiques en usage. Pour réaliser cette recherche, nous avons tenté d'identifier l'utilisation des mots-clés suivants : « Ingénierie de formation », « Ingénierie pédagogique », « Ingénierie de l'éducation » et « Ingénierie didactique ». Selon l'Association brésilienne des normes techniques, (norme 6028, ABNT, 2003), un « mot-clé » est défini comme « un mot représentatif du contenu du document, choisi de préférence dans un vocabulaire contrôlé ». Autrement dit, le mot-clé est un terme exprimant une idée claire et précise du contenu du travail et du domaine de recherche.

Nous avons constaté, même sans procéder à un découpage temporel préalable que, dans le Catalogue des thèses et mémoires du CAPES, il n'y avait que cinq recherches utilisant comme mot-clé le construit d'« ingénierie de formation ». Trois recherches mobilisaient, quant à elles, le construit d'« ingénierie pédagogique ». Ces huit recherches ont porté sur quatre institutions : quatre recherches post-graduées, réalisées à l'Universidade de Brasília (UnB), toutes soutenues en 2020 ; deux à l'Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), soutenues en 2003 ; l'une à l'Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), de 2001 ; et une autre à l'Universidade do Estado do Ceará (UECE), soutenue en 2014. Ce nombre de thèses et mémoires soutenus révèle la faible présence, en terre brésilienne, de recherches traitant du thème de l'« Ingénierie de formation ». Cette thématique de recherche s'installe ponctuellement dans le paysage des études post-graduées au début des années 2000 et se développe à partir des années 2020, notamment à l'Universidade de Brasília (UnB). Tous ces travaux de recherche appartiennent au domaine de la littérature. Il y a également très peu de recherches portant sur l'« ingénierie pédagogique ». En ce qui concerne « l'ingénierie didactique », nous avons trouvé 539 résultats en faisant état. Il s'agissait principalement de rapports de recherche issus de cours de doctorat (65), de cours de Masters de recherche (195) et de cours de Masters professionnels (279)³. Pour rester centré sur notre objet d'étude, nous avons cherché d'autres références permettant de confirmer les liens entre l'ingénierie de formation et l'ingénierie didactique. Nous nous sommes appuyés dans un premier temps sur les travaux de Mayen, Olry et Pastré (2017) pour qui l'ingénierie didactique constitue une diversité de pratiques d'ingénierie de formation. Nous avons également convoqué les travaux de Gauthier (Chevallard, 2009) qui dressent les caractéristiques de quatre types d'ingénierie et leurs relations les uns avec les autres. Nous suivrons ici l'approche de Philippe Carré définissant les quatre types d'ingénierie :

- L'ingénierie de formation, la plus globale, détermine la position de la formation dans son contexte, conçoit ses objectifs généraux, maîtrise la logistique, l'évaluation et l'amélioration globale du dispositif, sur les bases d'un contrat de formation (niveau global) ;
- L'ingénierie pédagogique, affine la conception, la conduite, l'évaluation et l'amélioration des processus pédagogiques, sur les bases d'un contrat pédagogique (niveau des méthodes) ;
- L'ingénierie didactique, affine la conception, la conduite, l'évaluation et l'amélioration des situations d'apprentissage, sur les bases d'un contrat didactique (niveau des outils) ;

³ Au Brésil, la modalité « Master académique » vise prioritairement à préparer les professionnels à travailler dans l'enseignement supérieur et la recherche universitaire. Le Master professionnel, quant à lui, vise à former des professionnels dans divers domaines de la connaissance, par l'étude de techniques, de processus ou de thèmes qui répondent à une certaine demande du marché du travail » (<https://www.gov.br/capes/pt-br>).

- L'ingénierie des technologies pédagogiques affine la conception, la mise en œuvre spécifique, l'optimisation, l'évaluation, l'amélioration des moyens technologiques utilisés, au service des trois autres ingénieries, et de façon transverse.

Sur la question des relations entre les différentes ingénieries et reprenant les propos de Pastré, Chevallard (2009, p. 9) affirme également que : « comme l'ingénierie de formation, l'ingénierie didactique professionnelle se donne comme objectif de dépasser le stade d'une simple accumulation de pratiques sans principes, pour chercher à fonder rationnellement les pratiques qu'elle entend développer. Elle s'appuie sur des références théoriques, qu'on peut situer à l'interface, et dans le prolongement historique, de l'ergonomie cognitive d'un côté, et de la didactique des disciplines scientifiques de l'autre ».

Lorsque nous nous concentrons sur l'ingénierie didactique, en considérant l'année de soutenance des thèses et mémoires soutenus, nous constatons que l'ingénierie didactique suscite un intérêt croissant au Brésil, comme le révèlent les données du tableau suivant :

Année de production scientifique	Numéro de la production scientifique
2013	34
2014	32
2015	47
2016	50
2017	54

Tableau 1. Les productions de thèses et mémoires sur l'ingénierie didactique au Brésil (2014-2017)
Note produite par les auteurs sur la base des données CTD du CAPES, 2021.

L'intérêt pour l'ingénierie didactique a débuté en 2007. Il s'est intensifié à partir de 2015. La production scientifique portant sur l'ingénierie didactique a été la plus élevée entre les années 2015 et 2017. Ces recherches ont été développées dans différents domaines de connaissances renseignés par les auteurs : l'enseignement des sciences et des mathématiques avec 215 productions, l'enseignement avec 170 productions, les mathématiques avec 69 et l'éducation avec 60 productions. Les autres domaines ne représentent que 5 % des domaines de connaissances mentionnés. Nous avons identifié 60 thèses et mémoires soutenus dans le domaine de l'éducation, soit un peu plus de 10 % du total, ce qui nous a conduits à prendre en compte également les recherches portant sur les domaines suivants : « Enseignement » et « Enseignement des sciences et des mathématiques ». Ces domaines correspondent à 71 % (385) des productions scientifiques au Brésil sur ce thème spécifique de l'ingénierie didactique. Il s'agissait de textes fondamentaux convoqués dans le cadre de la recherche et considérés comme une part importante de la production existante sur l'ingénierie didactique.

En considérant la localisation géographique des programmes d'études supérieures où les mémoires et les thèses ont été soutenus, il est possible d'identifier des points de concentration où ces travaux ont été réalisés : les États brésiliens de São Paulo, de Pará et de Rio Grande do Sul. Ces États concentrent plus de 57 % (296) des recherches identifiées. Quant aux autres recherches, elles sont réparties entre les 24 autres États qui composent la République fédérative du Brésil. De plus, en analysant ces recherches d'un point de vue institutionnel, nous avons constaté qu'il y avait un nombre important de recherches principalement dans quatre institutions d'enseignement supérieur : la Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (95 textes) ; l'Universidade do Estado do Pará (57 textes) ; l'Universidade Federal de São Carlos (50 textes) ; l'Universidade Federal de Santa Maria (24 textes). Ces institutions ont donc accueilli 43,5 % des mémoires et des thèses soutenus sur le sujet au Brésil.

Après avoir repéré ces différentes recherches, nous avons procédé à l'examen de la bibliographie présente dans les productions des revues savantes spécialisées dans le domaine de l'éducation. Pour effectuer cette analyse, nous avons donné la priorité aux thèses et aux mémoires soutenus dans le domaine de l'éducation (60). Cependant, bien que 60 textes aient été repérés, seuls 49 ont été effectivement identifiés et, parmi ceux-ci, seuls 18 étaient entièrement disponibles pour l'analyse. Ces textes sont dûment identifiés dans les sources documentaires. Pour élargir la recherche, compte tenu de la présence d'une seule institution relevant du domaine de l'éducation, nous avons recherché les thèses de doctorat soutenues dans le domaine de l'enseignement des sciences et des mathématiques (27), en excluant les thèses soutenues dans les domaines

de l'ingénierie, de la multidisciplinarité et des lettres. Nous avons également examiné les textes dans le domaine de l'enseignement (2), mais aucun n'était disponible à la lecture sur la plateforme *Sucupira*. Ainsi, 23 textes relevant du domaine de l'enseignement des sciences et des mathématiques étaient disponibles et identifiés dans les sources documentaires. Cela a constitué la base initiale de la lecture des thèses et des mémoires dans les domaines de l'éducation (18) et de l'enseignement des sciences et des mathématiques (23). Ces thèses et mémoires sont répartis dans 13 établissements d'enseignement supérieur de dix États de la Fédération⁴ et couvrant les cinq régions brésiliennes.

Pour effectuer ces analyses, nous avons commencé par lire les résumés, puis les introductions et, lorsque cela semblait nécessaire, nous avons examiné les textes dans leur intégralité afin de pouvoir répondre aux questions posées. Bien que le traitement des résumés des productions puisse immédiatement sembler une activité relativement simple, la complexité et la richesse de la tâche se sont révélées dans le développement de l'analyse. Dans cette perspective, Ferreira (2002) souligne que, lorsque nous prenons en compte des résumés de mémoires et de thèses (identifiés dans les banques de données), nous reconnaissons qu'« il existe une grande hétérogénéité entre eux (les résumés) qui s'explique non seulement par les différentes représentations que chaque auteur de résumé a de ce genre discursif, mais aussi par les différences résultant de la confrontation de ces représentations avec certaines caractéristiques particulières de la situation de communication » (Ferreira, 2002, p. 263). Ainsi, des risques de survoler les sens issus des résumés, et donc les risques de passer à côté de l'essentiel, ont été contournés puisqu'il était devenu évident qu'il fallait envisager d'identifier au travers de la lecture des résumés et dans l'ensemble de ceux-ci d'autres significations et de percevoir ainsi la présence de certains aspects significatifs du débat sur un domaine particulier de la connaissance et pour une période donnée (Ferreira, 2002). Néanmoins, lorsque cela fut nécessaire, nous avons lu certains extraits des textes afin de lever tout doute de compréhension.

Compte tenu de la concentration des études dans quelques institutions, réalité susceptible d'entraîner un biais important dans la recherche, nous avons élargi, après l'examen initial des résumés, la base de données à l'analyse des articles publiés dans des revues scientifiques brésiliennes et répertoriées sur le portail *SciELO*. Nous avons donc élargi la base de données initiale et commencé à prendre en compte les productions de chercheurs *seniors* et pas seulement celles des étudiants de troisième cycle. Ces articles ont été lus dans leur intégralité lorsque cela s'est avéré nécessaire. Pour cette analyse élargie des données, nous avons utilisé les mêmes mots-clés : « Ingénierie de formation », « Ingénierie pédagogique » et « Ingénierie didactique ». Aucune étude contenant les expressions « Ingénierie de formation » et « Ingénierie pédagogique » n'a été trouvée.

Néanmoins, en mobilisant le construit d'« Ingénierie didactique », nous avons repéré 17 articles dans la base de données *SciELO*, dont 11, dans le domaine des sciences humaines, 6, dans celui des sciences sociales appliquées, et 3, dans celui de la linguistique, de la littérature et des arts. Nous avons sélectionné les articles publiés dans les revues de sciences humaines où nous avons pu identifier le sous-domaine de l'éducation. Les articles ont été dûment identifiés dans les ressources documentaires. Nous avons constaté, dans ces articles, une prédominance des publications dans des revues de domaines liés à l'enseignement des sciences et des mathématiques, ainsi qu'une forte présence d'auteurs hispanophones. Tous ces articles ont été lus et examinés, constituant ainsi une base de données à partir de laquelle nous avons cherché à identifier l'ingénierie didactique dans les productions scientifiques brésiliennes. Cette base de données est donc composée des 18 mémoires et 23 thèses identifiés sur la plateforme *Sucupira*, ainsi que des 11 articles identifiés dans la base *SciELO*.

⁴ Les institutions dont les textes ont été sélectionnés et le nombre respectif de textes sont les suivants. Dans le domaine de l'éducation : l'Universidade de Uberaba (1 texte), l'Universidade do Estado do Pará (11 textes), l'Universidade de São Francisco (1 texte) ; l'Universidade Federal do Mato Grosso do Sul (1 texte) ; l'Universidade do Estado da Bahia (3 textes) et l'Universidade Federal do Ceará (1 texte). Dans le domaine de l'enseignement des sciences et des mathématiques : l'Universidade Anhanguera (2 textes) ; la Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (10 textes) ; l'Universidade Estadual de Maringá (4 textes) ; l'Universidade Federal do Mato Grosso (1 texte) ; l'Universidade Federal Rural de Pernambuco (1 texte) ; l'Universidade Federal de Santa Catarina (2 textes) et l'Universidade Estadual de Campinas (1 texte). Ces chiffres nous permettent d'affirmer que les textes relevant du domaine de l'éducation concentrent les études effectuées dans une seule institution de l'État de Pará. L'État de São Paulo, à travers trois institutions, concentre, quant à lui, les productions scientifiques du domaine de l'enseignement des sciences et des mathématiques.

Pour réaliser l'analyse documentaire, nous avons utilisé un *script* de lecture prenant en compte les aspects suivants : titre de l'ouvrage, année de publication, sujet de recherche, domaine scientifique, définition de l'ingénierie didactique, références à l'ingénierie didactique utilisées, indications d'utilisation, controverses éventuelles et autres questions qui se sont avérées pertinentes. Compte tenu des objectifs et de la nature des sources, la recherche a combiné des approches qualitatives et quantitatives⁵ et a été guidée, en termes méthodologiques, par l'analyse critique des données et des preuves. Nous soulignons cependant que ce type de recherche, de nature bibliographique, identifiée comme un état des connaissances ou de l'état de l'art, prend la forme « d'un inventaire descriptif », d'un inventaire de la production académique et scientifique sur le sujet qu'elle cherche à investiguer (Ferreira, 2002). En partant du principe que l'échantillon pré-défini permettrait d'atteindre les objectifs de notre recherche, nous avons suivi les étapes méthodologiques ci-dessous :

- Identification du volume de la production académique dans le domaine du travail et de l'éducation au Brésil ;
- Indication de la concentration et de la dispersion de la production scientifique ;
- Seconde lecture des résumés pour identifier et définir les catégories pouvant être systématisées et analysées ;
- Définition des catégories suivantes : sujets de recherche/étude, références théoriques et/ou théorico-méthodologiques et méthodologies utilisées ;
- Relecture des résumés, identification et systématisation des caractéristiques de la production en ce qui concerne les thèmes, les références et les méthodologies prédominantes ;
- Comparaison du matériel sélectionné avec la bibliographie disponible sur le thème ;
- Exposition des données et analyse descriptive à travers cet article.

Les usages et les significations de l'ingénierie didactique au Brésil

Qu'est-ce que l'ingénierie didactique ? Selon Pedro Gomez (1995, p. 8), citant Artigue, l'ingénierie didactique « est une forme de travail didactique comparable au travail de l'ingénieur qui, pour réaliser un projet donné, s'appuie sur les connaissances scientifiques de son domaine et accepte d'être soumis à un contrôle scientifique. Mais en même temps, il (l'ingénieur) est obligé de travailler avec des objets beaucoup plus complexes que les objets [raffinés] de la science et, par conséquent, il doit s'attaquer, avec pratiquement tous les moyens disponibles, à des problèmes que la science ne veut ou ne peut pas traiter ». L'ingénierie didactique, développée spécifiquement dans le domaine de l'enseignement des mathématiques, a une double fonction. Il s'agit à la fois de productions pédagogiques, basées sur des résultats de recherche utilisant des méthodologies externes à la classe mais aussi d'une méthodologie de recherche spécifique.

Les recherches sur l'ingénierie didactique dans l'éducation

La recherche sur l'ingénierie didactique au Brésil, dans le domaine de l'éducation, s'est développée en grande partie dans les cours de maîtrise offerts à l'Universidade do Estado do Pará : onze des dix-huit thèses et/ou mémoires soutenus font état de l'ingénierie didactique.⁶ Les sept autres productions ont été rédigées dans le cadre de cinq autres programmes représentatifs de différentes régions du Brésil.

⁵ Nous supposons que la scission et l'antagonisme entre les aspects quantitatifs et qualitatifs constituent de faux problèmes, surtout si l'on considère la nature des sources et l'objectif de l'étude. « En réalité, tout fait social et éducatif présente des aspects que nous pouvons décrire en termes quantitatifs [...] et en termes qualitatifs [...] ; d'une part, la prétention strictement quantitative de la méthodologie positiviste n'est pas justifiée et, d'autre part, la méthodologie de la recherche scientifique ne se limite pas au qualitatif. Nous avons besoin d'une articulation entre les deux types d'aspects » (Thiollent, 1987, p. 46).

⁶ Sur les 11 thèses écrites à l'Universidade do Estado do Pará, neuf avaient le même directeur, le professeur Pedro Sá. Selon les données de la plateforme *Sucupira* du CAPES, il est le directeur de thèse ayant supervisé le plus d'études sur l'ingénierie didactique dans le domaine de l'éducation au Brésil.

Il y avait 16 mémoires de maîtrise et 2 thèses de doctorat, toutes élaborées au cours de la période comprise entre les années 2013 et 2020. Dans le domaine de l'éducation, le sous-thème présentant l'usage le plus important du construit d'ingénierie didactique est celui de l'enseignement des mathématiques. Il concentre environ 95 % des études développées. Parmi ces travaux, un seul a été réalisé dans un domaine différent, plus précisément celui de la linguistique.

Les thèmes privilégiés étaient essentiellement liés aux expériences d'enseignement dans le cadre de la résolution de problèmes mathématiques : enseignement des radicaux (Lopes, 2015), enseignement des quatre opérations (B. Silva, 2015), enseignement de la géométrie analytique (Pires, 2017), enseignement de la potentialisation (Santos, 2017), enseignement des fonctions exponentielles (Silva, 2013), enseignement des matrices et enseignement des fonctions logarithmiques (K. Silva, 2016). D'autres recherches portent sur des sujets mathématiques en lien avec l'apprentissage des mathématiques tels que le processus de compréhension du contenu des fonctions affines et quadratiques (Nery, 2013), l'apprentissage significatif (M. Silva, 2017), la performance des élèves dans la résolution de questions impliquant des fonctions trigonométriques (Correa, 2017), la construction du concept de probabilité par les élèves du secondaire (Oliveira, 2020) et le développement du concept des opérations de base de l'arithmétique (Santos, 2015). Seules deux recherches ont clairement abordé la relation dialectique entre enseignement et apprentissage (Manzan, 2014 et Gomes, 2013). Deux autres études situées dans des domaines différents ont porté d'une part, sur l'enseignement du genre dans le cadre de la communication orale au sein d'événements scientifiques (Zani, 2018) et, d'autre part, sur le rapport entre deux territoires (Barreto, 2016). Ces recherches visaient, en général, à remédier au manque de motivation des élèves à l'égard de l'apprentissage traditionnel des mathématiques, tel que défini par Santos (2015, p. 6) : « Dans le domaine des mathématiques scolaires, prévaut généralement un enseignement basé sur des leçons purement expositives. Selon cette approche, les mathématiques sont presque toujours décontextualisées et sans signification réelle pour les élèves, ce qui entraîne un manque d'intérêt pour leurs études ». Dans cette perspective, l'ingénierie didactique est présentée comme une stratégie innovante, capable de stimuler les étudiants et de promouvoir un apprentissage significatif.

La principale référence à l'ingénierie didactique, citée dans ces recherches, renvoie aux travaux et publications de Michèle Artigue (1996)⁷. Ses écrits sont référencés dans plus de la moitié des recherches. La théorie des situations didactiques (TSD) de Guy Brousseau et d'Yves Chevallard a également été citée. Les recherches développées ont été identifiées, dans leur majorité, comme des recherches expérimentales mobilisant une approche qualitative. Elles recourent aux principes et/ou aux procédures de l'ingénierie didactique en empruntant aux travaux d'Artigue sur le plan théorique et méthodologique. Ils se réfèrent presque toujours à des expériences didactiques développées dans les classes des écoles primaires. Cependant, aucune situation rapportée ne révèle l'étude d'une situation réelle, dans laquelle l'enseignant serait amené à développer des actions didactiques au quotidien en faisant usage de la « séquence didactique ». Cela confirme ce que Souza et Garnica (2016) affirment lorsqu'ils déclarent que l'ingénierie didactique au Brésil est encore cantonnée au milieu universitaire. Cela conduit ces deux auteurs à proposer un usage plus systématique de l'ingénierie didactique dans les écoles primaires brésiliennes.

Les auteurs des travaux recensés déclarent avoir utilisé l'ingénierie didactique comme une méthodologie ou comme une démarche de recherche. Ceux ayant mentionné cet usage ont mobilisé ce construit à partir de l'utilisation des quatre moments de la recherche indiqués par Artigue : « a) une analyse préalable, b) une conception et une analyse *a priori*, c) une expérimentation et une analyse *a posteriori*, et d) une validation » (Lopes, 2015 et Santos, 2017). Selon Santos (2015), l'ingénierie didactique « (sert) de stratégie de recherche qui permet une intervention didactique ». Ce chercheur a caractérisé sa recherche comme « une recherche qualitative d'intervention, de type participatif, alliée aux principes de l'ingénierie didactique, en raison de son caractère interventionniste, tout à fait en phase avec cette recherche ». Certains auteurs ont déclaré avoir utilisé l'ingénierie didactique en l'associant à d'autres ressources. Dans cette perspective, Silva (2016) a utilisé « la théorie des situations didactiques, la modélisation mathématique et l'ingénierie didactique, [à partir desquelles] deux séquences didactiques ont été élaborées ».

⁷ Artigue, M. 1996. Engenharia Didáctica. Dans J. Brun (Dir.), *Didáctica das Matemáticas*. [Tradução de Maria José Figueiredo] (p. 193-217). Instituto Piaget.

La plupart des conclusions portant sur l'usage de l'ingénierie didactique font référence de manière positive à la progression des étudiants. En général, les résultats présentés valident le cadre théorique et méthodologique soutenant que l'ingénierie didactique renforce le potentiel positif de l'application de la séquence didactique. En considérant les travaux de recherche ayant évalué la validité de l'usage des procédures constitutives de séquences didactiques, les chercheurs ont affirmé que cette utilisation a favorisé une performance satisfaisante chez les élèves notamment dans la résolution de questions impliquant des radicaux. Autrement dit, les élèves sont devenus plus efficaces dans le traitement de problèmes mathématiques. En outre, le temps dédié aux activités a considérablement diminué tout au long de l'expérimentation (Santos, 2017). Les élèves ont amélioré leurs compétences en écriture et ont élaboré des textes de plus en plus formels (Lopes, 2015). « Les résultats de la comparaison ont souligné une augmentation significative des scores du post-test » (B. Silva, 2015). « La séquence didactique appliquée a révélé des contributions significatives à l'apprentissage et, par conséquent, une meilleure performance des élèves de 1^{ère} année de lycée » (Nery, 2013). « La séquence didactique a eu une validation positive puisque la plupart des activités ont été considérées comme valides et qu'il y a eu une progression de 47 % par rapport aux tests réalisés » (Pires, 2017). « Les résultats révèlent que la séquence didactique est intervenue directement dans l'amélioration de l'apprentissage des élèves par rapport aux matrices initiales » (H. Silva, 2016). « La séquence didactique utilisée [...] pour l'enseignement de la potentialisation à travers des activités a eu pour effet une bonne performance des élèves dans la résolution des questions travaillées en classe » (Santos, 2017). « La séquence didactique appliquée fournit des résultats favorables quant à l'apprentissage des élèves, car une fois les activités appliquées réalisées, ils ont obtenu une meilleure performance dans la résolution des questions sur le contenu des fonctions trigonométriques » (Correa, 2017). « L'ensemble des activités peut être considéré comme un potentiel d'amélioration du processus d'enseignement et d'apprentissage des mathématiques » (Gomes, 2013). « La séquence didactique proposée a favorisé l'apprentissage et a contribué à ce que les compétences utiles au développement des étudiants soient activées et/ou améliorées, ce qui implique une meilleure performance des étudiants participant à la recherche » (Silva, 2013). « La séquence didactique s'est avérée efficace, au service d'un enseignement et d'un apprentissage explicites pour l'enseignant et pour les étudiants, ayant pour effet de motiver les étudiants et en offrant un environnement agréable permettant d'apprendre le concept de probabilité à partir de l'usage du jeu de disques » (Oliveira, 2020). Elle « a permis de percevoir l'importance d'une posture de questionnement permettant à l'apprenant la construction de ses connaissances dans une perspective d'autonomie, notamment pour l'enseignement des mathématiques » (Santos, 2015). « La séquence didactique peut être un instrument plausible pour l'enseignement des limites de fonctions... » (Mota, 2017). Seul un chercheur a conclu en remettant en question la validité de l'utilisation de l'ingénierie didactique dans les situations éducatives. Il considère que les résultats des recherches ont montré que de nombreux élèves ont commis des erreurs lors de la résolution des questions proposées, ce qui implique de traiter et d'interpréter la signification des données et des opérations permettant de parvenir à un résultat satisfaisant, et de considérer que l'activité proposée présentait un degré élevé de difficulté concernant l'interprétation et la manipulation par rapport aux calculs mathématiques de base (E. Silva, 2017).

Nous enregistrons aussi un autre résultat signalé par plusieurs recherches. La performance et le développement des élèves, à partir de l'usage de l'ingénierie didactique semblent souffrir « d'une faible interférence des variables socio-économiques » (Lopes, 2015). Autrement dit, les résultats des variables socio-économiques n'interfèrent pas dans la performance des élèves (Santos, 2017). Il s'agit d'une approche apparemment néo-technique, qui recherche la neutralité scientifique, et qui ne tient pas compte de la manière dont les différentes variables socio-économiques interfèrent dans l'apprentissage des élèves⁸.

⁸ Le néo-technicisme prolonge le technicisme éducatif qui, au Brésil, s'est imposé dans les années 1960-1970 comme une approche pédagogique dans un contexte particulier, celui de la dictature militaire. « Dans le domaine de l'éducation, le technicisme avait pour principale caractéristique le contrôle rigide des activités pédagogiques, dirigées de manière mécanique, automatique, répétitive et programmée. Allié aux intérêts politiques et économiques, le technicisme s'attache tout particulièrement à la planification et au contrôle de la méthode de production » (Simão, 2013). Du point de vue pédagogique, le technicisme s'est engagé à « planifier l'éducation de manière à la doter d'une organisation rationnelle capable de minimiser les interférences subjectives qui pourraient compromettre son efficacité » (Saviani, 2003, p. 12). Saviani (2003, p. 13) affirme que « dans la pédagogie techniciste, l'élément principal devient l'organisation rationnelle des moyens, plaçant l'enseignant et l'étudiant dans une position secondaire, relégué à la condition d'exécutant et à la merci d'un processus dont la conception, la planification, la coordination et le contrôle sont à la charge de spécialistes supposés qualifiés, neutres, objectifs et impartiaux ».

L'influence du néo-technicisme est également perceptible dans le traitement séparé et répété des actions d'enseignement et d'apprentissage, subordonné aux méthodes proposées et basées sur l'ingénierie didactique. Outre l'approche non critique, les recherches ont soulevé très peu de controverses concernant l'ingénierie didactique.

Nous pouvons constater une relative compréhension commune et positive de cette méthodologie, peut-être en raison de l'utilisation commune et partagée d'une référence théorique unique (et/ou principale) ou en raison d'un petit groupe de chercheurs devenus au fil du temps des défenseurs de l'ingénierie didactique au Brésil. Cette manière de penser cette ingénierie contredit la principale référence citée dans ces recherches dans la mesure où Artigue (1995) suggère la prudence dans son utilisation. Il est clair qu'il n'existe pas de voie royale permettant de faire de cette introduction au domaine du calcul un chemin régulier, continu et sans embûches. Comme l'ont clairement démontré les travaux menés sur l'enseignement du calcul au cours des quinze dernières années, les difficultés et les obstacles sont nombreux, et tenter de les éviter ne fait que les renforcer. Les connaissances acquises nous aident en effet à mieux comprendre le fonctionnement de nos élèves, à anticiper leurs difficultés, à rechercher patiemment des moyens d'action appropriés au lieu d'osciller entre la recherche d'une méthode miraculeuse et la résignation fataliste. Cette considération est importante car ce sont les controverses et les débats qui permettent l'avancement des théories. Le rôle de la pensée critique est de bousculer la pensée établie afin de promouvoir le développement des idées et de la science. C'est cette critique scientifique qui est à la base de l'immense développement de la science aujourd'hui (Silva, 1999).

Nous avons également identifié l'univers lexical dans lequel se situe l'ingénierie didactique au sein des productions académiques brésiliennes. C'est pourquoi nous considérons cet univers lexical comme un élément révélateur des contenus et des significations des usages de l'ingénierie didactique. Nous avons donc identifié les mots-clés utilisés dans les études ayant mobilisé l'ingénierie didactique comme thème de recherche. Ainsi, dans les thèses et les mémoires soutenus dans le domaine de l'éducation, nous trouvons la plus forte incidence des mots-clés suivants : Enseignement des mathématiques (12), Ingénierie didactique (11), Éducation (10), Théorie des situations didactiques (6), Enseignement des mathématiques basé sur les activités (5) et Enseignement de différents objets mathématiques (14).

Les recherches dans le domaine de l'enseignement des sciences et des mathématiques qui travaillent avec l'ingénierie didactique

Sur le plan institutionnel, notamment dans le domaine de l'enseignement des sciences et des mathématiques, en considérant uniquement les thèses de doctorat soutenues et disponibles sur la plateforme *Sucupira*, nous avons identifié 23 études. 78 % d'entre elles sont situées dans trois institutions : PUC-SP (10), UEM (4) et Anhanguera (4). Le reste est réparti dans quatre autres institutions. Ces recherches ont été réalisées entre les années 2013 et 2019. Dans la quasi-totalité (21) des cas, elles sont liées au domaine de l'enseignement des sciences et des mathématiques. Deux relèvent du domaine de l'éducation spéciale et une du domaine de l'enseignement des sciences.

Parmi les thèmes de recherche repérés, nous avons repéré ceux liés aux stratégies d'apprentissage des connaissances mathématiques, comme : la construction de connaissances didactico-mathématiques sur les probabilités avec les enseignants de mathématiques (Carvalho, 2017) ; l'apprentissage des équations différentielles ordinaires par les élèves (Oliveira, 2014) ; l'apprentissage des notions de valeurs maximales et minimales locales de fonctions de deux variables réelles (Ingar, 2014) ; l'apprentissage des mathématiques dans sa relation avec les validations empiriques et théoriques (Trevisan, 2016) ; l'apprentissage et la résolution de problèmes comportant des figures géométriques (Souza, 2018) et l'apprentissage du concept d'espace vectoriel (Pereira, 2017).

Nous avons également repéré des travaux portant sur l'enseignement et l'action pédagogique, telles que : l'enseignement des opérations avec les nombres rationnels (Oliveira, 2015) ; la résolution de problèmes sur le mouvement, la croissance, l'électricité, les vibrations et divers types de phénomènes physiques (Barros, 2017) ; les connaissances pédagogiques des professeurs de mathématiques du primaire II (C. Silva, 2015) et la formation continue des professeurs qui enseignent les mathématiques (Chaparin, 2019).

Les études s'intéressant à la relation entre enseignement et apprentissage prennent pour objet : l'enseignement et l'apprentissage de l'intégrale de Riemann des fonctions d'une variable réelle (Cargnin, 2013) ; l'enseignement et l'apprentissage de l'algèbre pour des étudiants sourds maîtrisant la langue des signes (Frizzarini, 2014) ; le calcul mental, de manière dialogique, dans Libras, avec des étudiants sourds (Zanquetta, 2015) ; l'enseignement et l'apprentissage des courbes (Pasa, 2017) ; l'enseignement et l'apprentissage des notions d'aire, de périmètre et de leurs relations (J. Silva, 2016) ; l'enseignement et l'apprentissage des notions de factorisation numérique et algébrique (Guadagnini, 2018). Parmi celles-ci, nous soulignons deux recherches portant sur l'éducation des étudiants sourds.

Parmi les thèmes de recherche, nous pouvons distinguer des travaux plus conceptuels et théoriques, spécifiques de recherches de niveau « doctorat ». Ceux-ci ont porté sur : les concepts de dérivée de fonctions réelles d'une variable réelle et d'intégrale de Riemann (Mateus, 2014) ; la symétrie orthogonale (C. Silva, 2015) ; la base de connaissances pour l'enseignement du taux de changement dans l'éducation de base (E. Silva, 2017) ; les contenus traditionnellement enseignés dans les matières mathématiques de l'enseignement supérieur (Paranhos, 2015) ; les conceptions de la transformation linéaire des étudiants d'une licence de mathématiques (M. Silva, 2016) ; la scientificité de l'enseignement des mathématiques et, par conséquent, sur les méthodes utilisées dans la recherche dans ce domaine (Araujo, 2013).

Des chercheurs ayant étudié l'usage de l'ingénierie didactique ont identifié des problématiques concernant notamment les difficultés d'apprentissage des connaissances mathématiques (Mateus, 2014 ; Ferreira, 2016 ; et Pereira, 2017) et le manque de motivations pour l'apprentissage de cette matière (Guadagnini, 2018). Certains auteurs se déclaraient prêts à utiliser l'ingénierie didactique pour aider à « concevoir une ingénierie didactique pour l'enseignement des équations différentielles » (Oliveira, 2014). Comme dans le domaine de l'éducation, la plupart des auteurs se réclamant de l'enseignement des sciences et des mathématiques ont déclaré utiliser l'ingénierie didactique comme une méthodologie de recherche (Ingar, 2014 ; Ferreira, 2016 ; Chaparin, 2019 ; Cargnin, 2013 ; Zanqueta, 2015 ; J. Silva, 2016 ; Frizzarini, 2014 ; Trevisan, 2016 et Pereira, 2017). À cet égard, Cargnin (2013) définit sa recherche comme qualitative, de nature exploratoire, mobilisant l'ingénierie didactique comme une méthodologie de recherche. J. Silva (2016) déclare que sa « méthodologie de recherche est de type qualitatif, [qui] utilise l'analyse documentaire, l'étude de cas multiples et l'ingénierie didactique comme voie d'étude et de recherche (PEP) (voie d'étude et de recherche) comme techniques ». Une partie de ces auteurs (M. Silva, 2016 ; Cargnin, 2013 ; J. Silva, 2016) ont associé l'utilisation de l'ingénierie didactique à une « approche de recherche qualitative », défendue par Bogdan et Biklen (1994), Lüdke et André (1986). Outre ces modalités de recherche, associées à l'ingénierie didactique, certains de ces auteurs ont cité d'autres démarches de recherche comme l'étude de cas (Mateus, 2014), la recherche bibliographique (E. Silva, 2017), la recherche documentaire (J. Silva, 2016) et la recherche théorique (Araujo, 2013).

Les principales références bibliographiques citées pour expliquer l'usage de l'ingénierie didactique renvoient également aux travaux de Michèle Artigue. Cette auteure est citée par six chercheurs. La TSD de Brousseau est citée par quatre chercheurs. La théorie anthropologique de la didactique (TAD) de Chevallard est citée par trois chercheurs appartenant à l'Universidade Anhanguera. En outre, Bryant et Nunes ont été cités par Carvalho (2017) et Machado est cité par H. Silva (2016). Ces derniers ont été les seuls auteurs nationaux identifiés comme des références théoriques permettant d'expliquer le recours à l'ingénierie didactique. Cela révèle la dépendance théorique des productions scientifiques brésiliennes vis-à-vis des références théoriques françaises.

En ce qui concerne l'usage de l'ingénierie didactique, la plupart ont indiqué l'utiliser comme : un outil méthodologique ou comme une méthodologie de recherche (Cargnin, 2013 ; Ferreira, 2016 ; Oliveira, 2015 ; Trevisan, 2016 ; Frizzarini, 2014 ; Paranhos, 2015 ; et C. Silva, 2015) ; une procédure méthodologique (Barros, 2017) ; une contribution théorico-méthodologique (Oliveira, 2014) ; une méthodologie de recherche et d'enseignement (Chaparin, 2019).

En tant qu'outil méthodologique, l'ingénierie didactique a également été utilisée en association avec d'autres théories méthodologiques comme : la théorie de l'approche onto-sémiotique de la connaissance et de l'enseignement des mathématiques (Carvalho, 2017) ; l'étude de cas multiples (J. Silva, 2016) et la théorie des registres de représentation sémiotique (Ferreira, 2016). En général, l'ingénierie didactique a été mobilisée pour préparer et réaliser des activités organisées dans le cadre d'une séquence didactique conformément au cadre de l'ingénierie didactique développé par Pasa (2017). Les activités constitutives de ces séquences

didactiques ont parfois été discutées et résolues en binôme (M. Silva, 2016). Dans cette perspective, Artigue (1995, p. 36) affirme que l'ingénierie didactique a une double fonction : « Il s'agit à la fois des résultats de l'enseignement, basés sur des résultats de recherche qui ont utilisé des méthodologies en dehors de la classe, et d'une méthodologie de recherche spécifique ». Les recherches menées sur l'ingénierie didactique au Brésil révèlent que ce construit a été mobilisé principalement comme une méthodologie de recherche expérimentale, peut-être parce que cette notion est davantage une proposition d'innovation pédagogique qu'une pratique didactique à finalité scolaire à part entière.

En considérant les résultats constatés dans la recherche développée dans le domaine de l'enseignement des sciences et des mathématiques, nous pouvons affirmer, tout comme pour le domaine de l'éducation, la présence d'une évaluation très positive des expériences ayant fait un usage expérimental de l'ingénierie didactique à des fins de stratégie d'enseignement et d'apprentissage des connaissances mathématiques. Les auteurs ont vérifié plusieurs apports de l'ingénierie didactique portant sur différents domaines : le processus de formation des enseignants et l'apprentissage des connaissances mathématiques en tant que méthodologie de recherche. Concernant la formation des enseignants, les auteurs dont le programme de formation est basé sur l'ingénierie didactique, déclarent que l'usage de cette ingénierie favorise chez les étudiants la construction de connaissances didactico-mathématiques. Ils considèrent ainsi que l'usage *ad hoc* de la didactique est très positif. Dans cette perspective, ils considèrent que « le modèle formatif expérimenté, est une contribution permettant de soutenir et de former adéquatement les enseignants de mathématiques lors des dernières années de l'enseignement primaire dans l'enseignement spécifique de la probabilité et de sa didactique » (Carvalho, 2017). Dans une recherche visant à identifier les connaissances de base nécessaires à l'enseignement du taux de variation, il a été constaté que l'ingénierie didactique constitue une connaissance favorisant l'enseignement du taux de variation (E. Silva, 2017). Il a également été constaté que l'ingénierie didactique a servi positivement la formation à des pratiques innovantes chez les enseignants du primaire (Chaparin, 2019). Grâce à l'utilisation de l'ingénierie didactique, les enseignants ont pu évaluer leurs pratiques et réfléchir aux méthodes d'enseignement adoptées afin d'apprécier si ces méthodes ont eu ou non un effet sur l'apprentissage de leurs élèves (C. Silva, 2015). La mobilisation de l'ingénierie didactique présente « des perspectives favorables, surtout concernant deux aspects : 1. De la profondeur peut être donnée aux objets étudiés, en mobilisant des problématiques difficiles à traiter dans d'autres contextes, et sous la forme d'activités s'avérant agréables et stimulantes » (Paranhos, 2015) ; 2. L'expérimentation avec les enseignants a révélé un potentiel pédagogique significatif au regard d'autres approches pédagogiques plus traditionnelles (Barros, 2016).

En ce qui concerne les processus d'apprentissage, liés plus spécifiquement aux pratiques des étudiants, les études ont en général révélé l'usage positif de l'ingénierie didactique. Les auteurs ont souligné que les résultats de la recherche expérimentale développée avec un groupe de 12 étudiants inscrits dans un cours de « Construction » permettaient de considérer que l'usage de l'ingénierie didactique était important pour montrer que « certaines exigences scolaires ne correspondent pas aux pratiques professionnelles habituelles ». Il [l'usage de l'ingénierie didactique] « permettait d'enrichir et de mobiliser les connaissances antérieures des étudiants et d'introduire de nouvelles connaissances » (J. Silva, 2016). Les auteurs ont également indiqué que l'usage de l'ingénierie didactique favoriserait la construction de concepts d'équations différentielles ordinaires (Oliveira, 2014). Les tâches proposées contribueraient « à la (re) construction de connaissances sur les quadrilatères, à prendre conscience de l'importance de la preuve et de la démonstration » (Ferreira, 2016) ; Les activités planifiées seraient « plus propices à l'identification du sens des contenus enseignés » (Cargnini, 2013). L'usage de l'ingénierie didactique favoriserait « l'attention, la maîtrise de soi et la confiance en soi des sujets sourds diagnostiqués TDAH » (Zanqueta, 2015). Sur un plan plus général, par l'usage de l'ingénierie didactique, « des apprentissages significatifs se sont produits » (Pereira, 2017). La médiation didactique a permis « une discussion multiforme et une construction de connaissances par les élèves de certains concepts en lien avec la dérivée de fonctions à valeurs réelles et d'intégrales de Riemann ». Cette médiation didactique a favorisé, selon ces auteurs, le dynamisme des élèves dans leur relation personnelle avec l'objet de l'action réalisée, « puisqu'elle [l'ingénierie didactique] individualise l'interaction enseignant-élève dans sa relation avec le contenu visé » (Matthew, 2014). Si la formation proposée aux étudiants « nous amène à nous interroger sur l'efficacité de l'apprentissage selon des approches essentiellement théoriques » (Barros, 2016) et si, à partir de l'application de la séquence didactique et de l'analyse des dialogues et des réponses des étudiants concernant les fonctions discursives mobilisées, alors, le processus d'appropriation des connaissances par les étudiants et les stratégies intellectuelles mobilisées dans leur parcours de formation alternatif « ont permis une compréhension large de la notion de fonction au regard de sa dimension de variabilité » (Pasa, 2017).

Lorsqu'elle est considérée comme une méthodologie de recherche, l'usage de l'ingénierie didactique produit des effets positifs, comme l'a observé Barros (2016) : « l'ingénierie didactique a fourni des apports importants pour l'analyse du processus formatif car elle a permis de comprendre les effets induits chez les élèves par les pratiques pédagogiques développées lors de la séquence d'enseignement-apprentissage ». Araujo (2013) précise que l'usage de « méthodes mixtes de recherche dans l'enseignement des mathématiques » permettrait de valoriser la recherche dans l'enseignement des mathématiques.

En résumé et en analysant les études dans le domaine de l'enseignement des sciences et des mathématiques, nous avons pu repérer les mots-clés suivants : Mathématiques/enseignement des mathématiques (10), Ingénierie didactique (5), Enseignement de... (5), Enseignants/Formation des enseignants (5), Calcul de deux variables (4), Registre de la représentation sémiotique (4) et Théorie de la situation didactique/Situation didactique (4). Ces mots-clés constituent un univers lexical qui exprime la production de connaissances sur l'ingénierie didactique dans un domaine donné de connaissances. 58 autres mots-clés ont été utilisés à raison de 67 fois dans des recherches dans ce domaine.

Articles publiés dans Scielo qui convoquent le construit d'ingénierie didactique

Nous avons identifié 11 articles publiés dans des revues nationales dans la base de données *Scielo*. Ceux-ci ont été rédigés entre 2006 et 2021. Dans ces articles, les thèmes liés aux processus d'apprentissage mathématique sont très présents : Fioreze, Barone, Basso et Isaia (2013) sur l'apprentissage des concepts de proportionnalité ; ceux de d'Anido, López et Scola (2006) sur l'apprentissage de la géométrie ; ceux de De Silva, Barone et Basso (2018) sur le processus de construction des concepts mathématiques par les élèves utilisant les technologies numériques ; ceux d'Ingar, Ferreira et Silva (2019) sur les appréhensions dans le registre graphique d'une fonction de deux variables ; ceux d'Escolá et Márquez (2021) sur l'apprentissage de fonction ; ceux de De Santos, Dias et Bosch (2019) sur les relations personnelles d'un groupe d'étudiants de l'enseignement supérieur technologique en gestion commerciale.

Nous avons repéré également des travaux qui portent sur les processus de formation des enseignants et sur l'exercice de l'enseignement des connaissances mathématiques. Ainsi, nous pouvons relever des recherches centrées sur l'enseignement des mathématiques dans l'éducation des adultes peu ou pas scolarisés (Palmas et Block, 2014) ; des recherches sur l'enseignement de la notion de série de Laurent (Alves et Marinho, 2017) ; des recherches sur la formation des enseignants de mathématiques (Ferreira, Soares et Lima, 2008).

Bien qu'il s'agisse d'activités indissociables, les pratiques d'enseignement et d'apprentissage sont traitées séparément dans la plupart des études, comme on peut le constater. Seuls Mesquita, Brockington, Testoni et Studart (2021) articulent, dans leur article, l'enseignement et l'apprentissage, ces deux notions étant perçues comme une seule unité. Nous remarquons également que, dans l'ensemble des articles considérés, ceux ayant été publiés récemment, entre 2020 et 2021, ont porté sur l'enseignement de la physique (Lima et Ferreira, 2020 ; Mesquita, Brockington, Testoni et Studart, 2021). Ce constat peut révéler une tendance à dépasser l'usage de l'ingénierie didactique au Brésil bien au-delà du strict domaine de l'enseignement des mathématiques.

Les articles sélectionnés soulèvent essentiellement deux questions : les problèmes d'apprentissage des connaissances mathématiques développés dans les travaux d'Escolá et Márquez (2021) et la question des pratiques d'enseignement fondées sur des procédures traditionnelles d'enseignement des mathématiques (Palmas et Block, 2014). En général, les études cherchent à identifier des stratégies permettant de surmonter les processus formatifs basés souvent sur l'intuition des enseignants et guidés « uniquement par l'expérience de l'enseignement, en allant au-delà de la naturalisation de ce qui *marche ou ne marche pas* dans la salle de classe » (Mesquita, Brockington, Testoni et Studart, 2021).

La référence théorique de l'ingénierie didactique renvoie à nouveau aux publications de Michèle Artigue (Palmas et Block, 2014 ; Silva, Barone et Basso, 2018 ; Mesquita, Brockington, Testoni et Studart, 2021). Ce constat nous permet donc d'affirmer que cette auteure sert de référence, au Brésil, pour la compréhension de l'ingénierie didactique chez des chercheurs novices et/ou plus expérimentés, publiant généralement dans des revues scientifiques.

L'émergence de l'ingénierie didactique est associée à l'influence de la didactique des mathématiques, en France. En effet, la didactique des mathématiques est considérée comme une forme de travail didactique comparable à celui de l'ingénieur.

Cette réalité est confirmée par l'approche cognitive s'étant développée autour des travaux de Vergnaud dans le domaine de la théorie des champs conceptuels et par la TSD de Brousseau (Anido, López et Scola, 2006 ; Mesquita, Brockington, Testoni et Studart, 2021). De même que les thèses et les mémoires analysés, les articles publiés résultent d'enquêtes ayant pris l'ingénierie didactique comme une stratégie de recherche à part entière. Ce constat se retrouve dans les articles de Fioreze, Barone, Basso et Isaia (2013), de Lima et Ferreira (2020) et d'Ingar et Silva (2019). La plupart des auteurs définissent l'ingénierie didactique comme une méthodologie de recherche : Palmas et Block, 2014 ; Alves et Marinho, 2017 ; Silva, Barone et Basso, 2018 ; Anido, López et Scola, 2006 ; Ingar et Silva, 2019 ; Lima et Ferreira, 2020 ; Ferreira, Soares et Lima, 2008 ; Santos Junior, Dias et Bosch, 2019 ; Fioreze, Barone, Basso et Isaia, 2013). Ces derniers auteurs soutiennent que « son adoption (l'usage de l'ingénierie didactique) offre la possibilité d'articuler recherche et action pédagogique ».

Un peu à l'écart des autres articles analysés, l'article de Mesquita, Brockington, Testoni et Studart (2021) indique qu'il considère la méthodologie de l'ingénierie didactique « comme un objet d'investigation en tant que proposition de séquence d'enseignement et d'apprentissage ». Certains auteurs comme Santos Júnior, Dias et Bosch (2019) et Ingar et Silva (2019) ont cherché à articuler l'usage de l'ingénierie didactique avec la méthodologie de recherche qualitative. D'autres soutiennent que « grâce à la théorie des situations didactiques, on dispose du contrôle, de la prédiction, de la prévision et de la reproduction des éléments identifiables constitutifs de la triade sujet-enseignant-connaissances mathématiques ». Grâce à l'ingénierie didactique, on chercherait « la reproductibilité dans l'enseignement » (Alves et Marinho, 2017). On pourrait affirmer que l'usage de la méthodologie de l'ingénierie didactique permettrait à l'enseignant « d'enquêter sur le processus d'apprentissage des élèves » et l'opportunité « d'évaluer et de réfléchir sur sa propre performance » (Silva, Barone et Basso, 2018). Pour ces derniers auteurs, la méthodologie de travail, basée sur les principes de l'ingénierie didactique, se déroule selon un processus continu composé de plusieurs niveaux. À chaque niveau atteint, l'objet de la connaissance étudiée atteint un certain niveau et les objectifs et buts de l'enseignant sont alors repensés et réévalués. Cette idée irait dans le sens de définir une taxonomie de l'apprentissage. Artigue (1996) propose que l'ingénierie didactique, au cours de son développement, passe par différents niveaux, formes et degrés de complexité [...]. Les niveaux, ou phases, proposés par Artigue (1996) en tant que formes d'organisation sont les suivants : analyse préalable (niveau 1) ; conception de l'expérience, analyse *a priori* et élaboration de l'hypothèse (niveau 2) ; expérimentation (niveau 3) et analyse *a posteriori* puis validation et évaluation de la proposition (niveau 4) [Silva, Barone et Basso, 2018].

Il est également communément admis que, du point de vue de l'ingénierie didactique, le métier d'enseignant et sa tâche d'enseignement ressemblent au travail de l'ingénieur. Ils nécessiteraient en effet le même soin et le même engagement dans leur planification et leur exécution, en requérant d'évaluer toujours toutes les étapes de sa mise en œuvre pratique (Lima et Ferreira, 2020 ; Mesquita, Brockington, Testoni et Studart, 2021) et en prenant en compte des environnements plus complexes et des objets d'étude moins contrôlés que les objets traités dans les sciences exactes (Mesquita, Brockington, Testoni et Studart, 2021).

Comme nous l'avons déjà mentionné, la principale référence pour comprendre l'ingénierie didactique reste Artigue, citée par Palmas et Block (2014), Anido, López et Scola (2006), Silva, Barone et Basso (2018), Lima et Ferreira (2020), Ingar et Silva (2019), Mesquita, Brockington, Testoni et Studart (2021), Alves et Marinho (2017) et par Escolá et Márquez (2021). D'autres auteurs ont également été cités comme références théoriques : Ramírez (Palmas et Block, 2014) ; Vergnaud (Lima et Ferreira, 2020 et Anido, López et Scola, 2006) ; Pais (Fioreze, Barone, Basso et Isaia, 2013 ; Ferreira, Soares et Lima, 2008) ; et Boschet, Robert et Douady (Alves et Marinho, 2017).

Cependant, les auteurs suivants sont également largement cités comme des penseurs ayant contribué aux notions et aux bases de l'ingénierie didactique classique : Brousseau (Mesquita, Brockington, Testoni et Studart, 2021 ; Anido, López et Scola, 2006 ; Santos Junior, Dias et Bosch, 2019 ; Lima et Ferreira, 2020 ; Alves et Marinho, 2017) et Chevallard (Mesquita, Brockington, Testoni et Studart, 2021 ; Lima et Ferreira, 2020 ; Santos Junior, Dias et Bosch, 2019).

Parmi les résultats identifiés dans cette recherche, nous observons que l'ingénierie didactique est caractérisée presque uniquement par ses apports positifs. Elle contribuerait ainsi à l'enrichissement du « cadre interprétatif du processus d'acquisition de la représentation écrite des nombres, en l'accompagnant d'une analyse didactique des alternatives d'enseignement de la numération écrite et en la concevant en termes de conversion entre registres sémiotiques » (Palmas et Block, 2014). Elle permettrait d'identifier certaines raisons des difficultés d'apprentissage des connaissances mathématiques (Fioreze, Barone, Basso et Isaia, 2013). Elle permettrait aussi de « suivre et de planifier les besoins d'accompagnement de l'enseignant lui permettant de surmonter les obstacles et de prendre en compte des manques dans les processus de conceptualisation » (Lima et Ferreira, 2020). De plus, elle révélerait de nombreuses potentialités permettant d'améliorer les situations d'enseignement-apprentissage (SEA) dans un contexte de classe en aidant « l'enseignant à comprendre, de manière plus approfondie, l'action complexe de développement d'une SEA » (Mesquita, Brockington, Testoni et Studart, 2021). L'ingénierie didactique constituerait donc « une alternative efficace pour la formation des enseignants, dans le sens où elle les encouragerait à utiliser davantage les démonstrations dans la discipline Mathématiques » (Ferreira, Soares et Lima, 2008). Elle favoriserait également l'intégration des connaissances mathématiques à d'autres disciplines (Santos Junior, Dias et Bosch, 2019). Dans ces articles, les mots-clés suivants apparaissent majoritairement : ingénierie didactique (5), apprentissage (2), enseignement de la physique (2) et enseignement des mathématiques (2). Trente-trois autres mots n'ont été cités qu'une seule fois.

Synthèse de l'ensemble de la production analysée

À des fins de synthèse et compte tenu de notre objectif de cartographier l'usage du terme d'« ingénierie didactique » dans les productions scientifiques brésiliennes, les aspects suivants peuvent être soulignés :

- Les recherches sur l'ingénierie didactique au Brésil sont présentes dans quatre institutions : UEPA, PUC-SP, UEM et Universidade Anhanguera. Compte tenu du territoire brésilien et du nombre de cours de troisième cycle dans les domaines de l'éducation (288) et de l'enseignement (230), nous constatons le caractère embryonnaire des études axées sur cette thématique ;
- Ces recherches sont récentes. Elles apparaissent sporadiquement au début du 21^e siècle. Elles se développent principalement à partir de l'année 2013. Elles se déroulent essentiellement dans le domaine de l'enseignement des sciences et des mathématiques et, occasionnellement, dans le domaine de la linguistique et de l'enseignement de la physique ;
- L'ingénierie didactique est fondamentalement utilisée comme une méthodologie d'investigation dans le cadre de recherches expérimentales au sein d'environnements d'apprentissage. Elle n'est jamais utilisée comme stratégie d'enseignement incorporée dans des pratiques d'enseignement. Cette affirmation est cohérente avec les résultats de la recherche menée par Bianchini et Machado (2019) qui, en considérant sept articles publiés dans la revue *Educação Matemática Pesquisa*⁹, ont identifié que cinq d'entre eux ont pris l'ingénierie didactique comme une méthodologie de recherche ;
- L'ingénierie didactique est présente, par conséquent et principalement, dans les milieux universitaires et non dans les écoles primaires, quoi que l'ingénierie didactique soit indiquée comme mobilisée dans l'enseignement scolaire et dans la formation des enseignants ;
- L'ingénierie didactique est proposée comme une stratégie visant à surmonter les difficultés d'apprentissage liées aux contenus mathématiques et comme une stratégie permettant de dépasser l'enseignement traditionnel, considéré comme décontextualisé ou simplement trop théorique ;
- L'ingénierie didactique est également proposée comme une stratégie de formation des enseignants, en considérant qu'elle offre une approche innovante, en opposition à une formation dite traditionnelle, éminemment plus théorique, et/ou en opposition à une formation basée *stricto sensu* sur l'expérience de l'enseignant ;
- Étant prise comme une stratégie associée à l'approche qualitative, en tant que méthodologie de recherche, l'usage de l'ingénierie didactique peut être articulé à d'autres stratégies, comme la

⁹ Ce journal ne figure pas dans la base de données *Scielo*, ses articles n'ont donc pas été pris en compte dans la base de données de la présente étude.

démarche d'étude de cas (Mateus, 2014), la recherche bibliographique (E. Silva, 2017), la recherche documentaire (J. Silva, 2016) et la recherche théorique (Araujo, 2013) ;

- Les principales références bibliographiques citées pour la compréhension et l'usage de l'ingénierie didactique renvoient à des auteurs étrangers. Michèle Artigue (citée par la plupart des chercheurs), la TSD de Brousseau, la TAD de Chevallard, ces deux dernières références étant plutôt perçues comme des sources initiales ayant permis l'émergence de l'ingénierie didactique développée ensuite par Artigue. Ces données sont cohérentes avec une autre recherche menée au Brésil, celle de Bianchini et Machado (2019), qui ont réalisé une recension des écrits sur l'ingénierie didactique et qui ont identifié, dans sept articles analysés, la référence aux écrits d'Artigue. De même, dans les études de Costa et Gonçalves (2020), dans les thèses dédiées à l'enseignement des sciences et des mathématiques, Artigue et Zabala sont les auteurs les plus cités comme références bibliographiques dans les recherches portant sur la « séquence didactique ». Souza et Garnica (2016) ont également identifié dans leur recherche que « Vergnaud, Brousseau, Artigue, Douady et Chevallard, *etc.*, peuvent servir, en même temps, d'exemples (toujours référencés par les étudiants et dont les chercheurs ont une très haute estime) » mais qui « peuvent 'contaminer' la circulation des connaissances, l'empêchant de laisser entrer de nouveaux regards, de nouveaux agrégats théoriques, comme s'il s'agissait d'une sorte de plâtrage (ou de standardisation) de la dynamique scientifique » (Souza et Garnica, 2016, p. 434).
- Dans la plupart des recherches portant sur l'ingénierie didactique, les controverses au sujet de la compréhension et/ou de son usage ont été peu soulignées, sans doute en raison de la convocation d'une seule référence théorique et de la centralisation des recherches dans quelques institutions universitaires.

Peut-on parler d'une certaine spécificité brésilienne dans l'usage du construit d'ingénierie didactique ?

Plusieurs aspects pourraient et devraient être approfondis à partir des premières recherches réalisées. Nous souhaitons en effet souligner certaines dimensions qui nous ont semblé importantes et sur lesquels nous souhaitons soumettre au lecteur quelques réflexions.

Sur l'utilisation en recherche expérimentale et sur la diffusion de l'ingénierie didactique au Brésil

Nous avons observé que l'usage de l'ingénierie didactique, dans la plupart des recherches considérées, a porté sur son utilisation à des fins expérimentales, autrement dit son usage dans des situations simulées de classe ou dans des situations contrôlées. Or, aucune des recherches recensées ne déclare avoir été réalisées dans des situations réelles de classe. Aucune recherche n'a montré que l'ingénierie didactique, en tant qu'outil didactique, avait été utilisée dans des classes des écoles primaires brésiliennes, ce qui nous aurait permis de tirer des conclusions plus fiables sur son utilisation et sur l'usage de ce construit. L'ingénierie didactique reste un thème et une pratique limités à l'environnement universitaire. L'un des auteurs des articles analysés considère que le traitement de l'ingénierie didactique au Brésil est conduit, dans la plupart des cas, par des professeurs d'université. Cela explique, dit cet auteur, que les « conditions de travail générales des enseignants brésiliens, où la routine de travail consiste en une charge élevée d'enseignement, laissent peu de temps pour les études et pour la planification [didactique] de nouvelles interventions pédagogiques » (Mesquita, Brockington, Testoni e Studart, 2021, p. 9). Dans cette perspective, Souza et Garnica (2016) affirment également que : dans le pays d'origine [la France], le travail en didactique des mathématiques a pour objectif principal d'interférer de manière directe avec la pratique de la classe, ce qui, en fait, se produit (ou semble se produire) par le biais de partenariats entre les universités et les établissements scolaires. Au regard de cet aspect, au Brésil, la réalité est quelque peu différente. En effet, certaines recherches portent sur la salle de classe. L'accent semble être davantage mis sur les pratiques de formation développées dans le cadre des cours de troisième cycle (même s'il y a des intentions d'application et de vérification des résultats de recherche au sein des écoles primaires). Alors que certains auteurs pensent que, d'une manière ou d'une autre, les effets de la recherche en didactique du français atteignent la classe, d'autres (même ceux qui travaillent dans la formation à l'enseignement) ne garantissent pas que les théories atteignent et sensibilisent les enseignants au point d'avoir un impact direct sur leur travail avec les élèves du primaire et du secondaire.

En d'autres termes, [l'ingénierie] didactique en France est certainement plus engagée, plus impliquée dans la formation de base et, au Brésil, plus fortement liée à la formation post-universitaire, au sein des centres de recherche. Quoi qu'il en soit, un point d'accord demeure entre les deux contextes : que ce soit en France ou au Brésil, la didactique porte sur la classe et sur les situations d'enseignement et d'apprentissage de contenus mathématiques.

En effet, l'ingénierie didactique ne se situe pas exclusivement dans les formations post-graduées brésiliennes. Elle est aussi présente dans quelques institutions d'enseignement supérieur : UEPA, PUC-SP, UEM et Anhanguera. Son usage relève principalement de l'enseignement des mathématiques. Les recherches dans les domaines de l'enseignement de la physique, de l'éducation spécialisée et de la linguistique sont également assez citées comme contexte d'usage de l'ingénierie didactique. Mais cela reste marginal. Cette forte concentration de l'ingénierie didactique dans un seul domaine (le domaine de l'enseignement des mathématiques) peut impacter à terme la reconnaissance de l'ingénierie didactique. En effet, son usage dans une seule institution universitaire et ses seules références théoriques situées à l'étranger peuvent donner l'impression que l'ingénierie didactique est représentative, à elle seule, de toute la recherche en didactique au Brésil. La référence à Chevallard en est un exemple. Cet auteur est cité dans toutes les recherches réalisées dans une seule institution universitaire. Elle n'est pas citée ailleurs, ce qui fait que cet auteur un auteur-clé, malgré des citations limitées à une seule institution. Les groupes de recherche relevant de ces institutions peuvent être perçus comme « des portes d'entrée » des propositions de l'ingénierie didactique au Brésil. Cette réalité a une grande incidence dans la mesure où « celui qui s'approprie un auteur et devient ainsi son principal traducteur dispose d'atouts décisifs pour comprendre ce que, comment et pourquoi on fait ce que l'on fait » (Souza et Garnica, 2016, p. 416).

Sur le consensus supposé sur les références, les usages, la validité de l'ingénierie didactique et l'importation de modèles pédagogiques

Toutes les recherches considérées dans notre travail semblent valider l'usage de l'ingénierie didactique comme une méthodologie de recherche et comme une stratégie didactique. Un seul article fait une approche critique de l'ingénierie didactique. Aucun autre texte ne soulève de problèmes ou de controverses propres à la convocation et à l'usage de l'ingénierie didactique, ce qui laisse penser qu'il n'y a pas de grands débats théoriques sur son utilisation au Brésil. Un certain consensus prévaut donc autour des définitions conceptuelles de l'ingénierie didactique, de son usage et même des références bibliographiques citées dans les articles. Ainsi, la critique et le débat n'accompagnent pas l'essor de ce construit dans le paysage scolaire et universitaire au Brésil. Cela semblerait néanmoins nécessaire, tant en ce qui concerne son utilisation comme méthodologie de recherche que comme stratégie d'enseignement. Cette vision non critique semble davantage concerner l'appropriation qui est faite de ce construit ou de cette théorie, au Brésil, que la théorie elle-même (qui n'a pas été étudiée dans cet article), puisque certaines de ses principales références appellent à une approche critique.

Au regard de la question de l'enseignement, Artigue (1995) considère que celui-ci « ne doit pas vivre sur la fiction d'un développement continu et régulier des connaissances, mais sur l'image d'un développement plus chaotique où les régressions liées aux déséquilibres ne sont pas exclues » (p. 135). De la même manière, Chevallard (2009, p. 12) a rédigé un article à partir duquel il défend une refondation de l'ingénierie didactique. Il fait notamment valoir que « les conditions qui sont l'objet d'étude de la didactique ne peuvent être énumérées *a priori* : leur découverte progressive et la compréhension de leur rôle dans la diffusion de telle ou telle entité praxéologique sont l'objectif permanent de la recherche en didactique ».

Ce constat coïncide avec les résultats de la recherche de Souza et Garnica (2016). Ces auteurs ont étudié les aspects de l'appropriation (en contexte brésilien) des idées proposées par un mouvement éducatif étranger (la didactique française). Entre autres objectifs, ils ont cherché à identifier la dynamique d'appropriation et de circulation des idées dédiées à l'enseignement des mathématiques. Ces chercheurs ont problématisé le fait qu'« historiquement du point de vue éducatif, l'importation de modèles semble même caractériser les pratiques nationales et les politiques publiques » brésiliennes. Pour eux, il ne semble pas y avoir, dans le cas de la diffusion au Brésil des propositions de la didactique française des mathématiques, de désaccords résultant de la réinterprétation des idées et de leurs réceptions auprès des usagers qu'ils soient enseignants, chercheurs ou étudiants. Faisant suite aux propos de chercheurs travaillant dans le domaine de l'enseignement des mathématiques, nous avons noté que « les déclarations étudiées ne mettent pas en

évidence des contributions innovantes aux théories importées, bien qu'elles promeuvent des stratégies créatives d'appropriation, d'exemplification et de diffusion de ces théories sur le territoire brésilien » (p. 428).

Dans cette recherche, il a également été relevé qu'il existe une synchronisation discursive entre les chercheurs étudiant l'enseignement en mathématiques. Souza et Garnica (2016, p. 430) considèrent que « ces particularités (citation nominale de personnes, de termes/d'expressions et de théories) sont présentes dans les discours de plusieurs des chercheurs interviewés et ceci, de manière très synchronisée ». Ils déclarent aussi que cette harmonie dans le discours d'enseignants-chercheurs en didactique du français se présente parfois sous la forme d'un enchantement qui souligne et/ou justifie l'enthousiasme pour les recherches qu'ils développent dans ce domaine. Selon Souza et Garnica (2016, p. 430), dans le cas spécifique des propos que nous avons recueillis, il semble y avoir une double situation : un conflit de positions, dans lequel le chercheur brésilien, non seulement valorise, et parfois de manière excessive, le produit et les pratiques des chercheurs français, mais en même temps, d'une certaine manière, dévalorise ou relativise de manière très marquée ce qui est produit ou étudié au Brésil.

Ce constat, selon les auteurs cités, soulignerait la nécessité de procéder à une appropriation critique des modèles théoriques importés de l'étranger afin de considérer la réalité locale (brésilienne) où ces idées sont diffusées. Par conséquent, l'internationalisation des résultats de recherches et des propositions théoriques, par le biais des échanges entre chercheurs de différents pays, autour d'un thème ou d'un domaine de connaissances, est importante et nécessaire, car elle favorise la circulation des idées, l'approfondissement des recherches en cours et la diversification des points de vue et des perspectives sur les objets de recherche. À cet égard, au Brésil, l'internationalisation de la recherche scientifique est notamment considérée comme une priorité par les principales agences gouvernementales de promotion de la recherche, comme le CAPES et le *Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico* (Conseil national pour le développement scientifique et technologique du Ministère de la science, de la technologie et des innovations du Brésil) car il est entendu que ce dialogue scientifique stimule la production des connaissances et renforce la pensée scientifique nationale. Toutefois, pour cela, il est nécessaire de considérer le contexte à partir duquel les propositions ont été soumises au débat et le contexte où elles sont reçues, afin qu'elles ne deviennent pas des modèles à mettre en œuvre ou de simples vecteurs idéologiques de valeurs propres à une conjoncture historico-sociale non reproductible ailleurs.

En outre, l'absence de critiques à l'égard de théories ou de modèles didactiques émanant de la communauté scientifique internationale ne présente aucun risque pour la souveraineté nationale ou le développement de la pensée scientifique et pédagogique au Brésil. Au contraire, cela peut constituer une opportunité pour s'approprier des idées et des valeurs culturelles éloignées de la réalité locale brésilienne. En ce qui concerne la didactique française, dont la diffusion est encouragée par des projets officiels comme les accords CAPES-COFECUB¹⁰ et SPEC¹¹, « les chercheurs brésiliens formés directement par les chercheurs, porteurs des théories françaises, ont créé des moyens, au Brésil, visant à diffuser, dans leur communauté scientifique, l'ingénierie didactique » (Souza et Garnica, 2016, p. 423). Pour ces auteurs, cette démarche s'apparente à une « stratégie de colonisation » qui, bien qu'elle permette l'accès à de nouvelles approches (théories continuant d'être créées, fondées et structurées par eux), les maintient enfermés dans un « centre original de pensée », sans que l'importance de ce qui a été fait au-delà de ce « centre original » soit reconnue.

¹⁰ CAPES-COFECUB : Comité français d'évaluation de la coopération universitaire avec le Brésil. Il s'agit d'un programme de type « projet de recherche conjointe » dont l'objectif est de favoriser les échanges entre les établissements d'enseignement supérieur et les instituts ou centres publics de recherche et de développement brésiliens et français. La modalité d'octroi et d'usage des bourses et des financements des projets se déroule par le biais de missions de travail, dont la durée n'est pas inférieure à 10 journées ni supérieure à 21 jours. Les missions d'études peuvent se dérouler selon les modalités suivantes : 1) Une thèse de doctorat en alternance en cours d'une durée minimale de quatre à douze mois. Le financement peut être accordé dans le cadre d'une prolongation de six mois maximum du parcours doctoral en cas de co-tutelle ; 2) Un stage post-doctoral, d'une durée de deux à douze mois, non reconductible (Source : <http://www.capes.gov.br/cooperacao-internacional/franca/cofecub> et cité par Souza et Garnica, 2016).

¹¹ Le sous-programme *Éducation pour les sciences* (PADCT/SPEC) est apparu en 1983 dans le but de « créer une communauté, à l'échelle nationale, dans le domaine de l'enseignement des sciences et des mathématiques » (Carvalho cité par Souza et Garnica, 2016).

Il s'agit donc d'une appropriation non critique de certaines idées de la didactique française, capables de produire un relatif émerveillement de la part des chercheurs brésiliens. Ce regard non critique relève d'une incapacité à discerner les dimensions de la réalité, ce que Gramsci (1999) appellerait le sens commun. Dans la perspective gramscienne, la conception du monde élaborée sans esprit critique est caractérisée par cette notion de sens commun. Elle se caractérise, en premier lieu, par son adhésion à une conception du monde élaborée hors d'elle-même, qui se réalise dans un relatif conformisme et une obéissance *quasi* naturelle. Il existe, selon Gramsci, des principes et des préceptes indémontrables et « non scientifiques, fonctionnant exclusivement sur le plan de la croyance et de la foi » (Mari et Grade, 2012, p. 3). Le « bon sens », en revanche, qui a pour point de départ le sens commun lui-même, le renouvelle de l'intérieur et, renforcé par la critique, « se révèle comme fondé sur une certaine expérience et une observation directe de la réalité ». Par conséquent, il favorise chez l'individu actif une conscience théorique claire de son action (Mari et Grade, 2012). Dans l'activité intellectuelle critique, les objets sont appréhendés comme un processus d'élévation du sens commun vers un sens capable de développer la conscience de la réalité et, donc, la possibilité de la transformer et de l'ajuster aux besoins posés. Ce sens ou « ce bon sens » est différent du sens commun, qui génère une accommodation à la réalité. Dans le cas spécifique de notre recherche, cet accès au « bon sens » semble être une condition pour le développement d'une ingénierie didactique en phase avec la réalité scolaire brésilienne. Son appropriation critique, fruit de la pensée critique, semble nécessaire pour problématiser et adapter des idées importées aux besoins et caractéristiques locales.

Nous avons pu vérifier que le relatif *consensus* autour des références et des approches qui fondent l'ingénierie didactique n'exprime pas des contributions innovantes aux théories importées. Ce *consensus* est le reflet d'un relatif émerveillement voire d'un « enchantement » des enseignants et des chercheurs enthousiasmés qu'ils sont par les recherches qu'ils développent dans ce domaine et stimulés par les accords de coopération internationale entre le Brésil et la France, mais incapables d'apporter un regard neuf et critique sur les théories convoquées.

Sur la pseudo-neutralité scientifique de certaines recherches

Nous avons pu identifier, dans plusieurs recherches, l'affirmation suivante : l'utilisation de séquences portées par l'ingénierie didactique pourrait éliminer de possibles interférences entre des variables sociales dans l'apprentissage des élèves. Il s'agit selon nous d'une pseudo-neutralité scientifique caractéristique de la pensée positiviste post-moderne. Cette idée semble résulter de l'appropriation non critique dont nous avons parlé dans les pages précédentes et qui suppose que l'ingénierie didactique demeure un modèle à mettre en œuvre dans les écoles brésiliennes, sans nécessairement tenir compte des spécificités éducatives locales. Bien que certains auteurs soulignent même le fait qu'il serait important de considérer l'environnement de la classe comme « un environnement d'action et de réflexion » (C. Silva, 2015), les conditions sociales, culturelles et économiques des étudiants et des enseignants semblent avoir même été ignorées dans les études analysées. Il s'agit d'une perspective néo-positiviste et néo-technicienne très présente dans les politiques éducatives brésiliennes actuelles. Il s'agit d'une perspective réductionniste qui considère que « la formation des enseignants s'écarte de la dimension académique au profit de la dimension expérimentale, instrumentale, pragmatique et met l'accent sur les compétences et les capacités des enseignants comme des élèves à atteindre des objectifs et des résultats préétablis » (Silva, 2018, p. 11).

En outre, l'usage de l'ingénierie didactique constitue une perspective pédagogique non critique, telle que définie par Saviani (2003), pour qui ce type de théorie considère l'éducation comme un instrument d'égalité sociale. Pour cet éducateur brésilien, qui étudie les processus d'objectivation du travail pédagogique, les théories non critiques considèrent que le processus pédagogique est rationalisé tant qu'il est planifié. Naïvement, ces théories non critiques « tentent de résoudre le problème de la marginalité par l'école sans jamais y parvenir » (Saviani, 2003, p. 24). Le problème découlant de l'utilisation de ce type de pédagogie, qui tente de transposer à l'école le mode de fonctionnement du système industriel, est de minorer la spécificité de l'éducation (Saviani, 2003), qui se doit d'être comprise avant tout comme une relation sociale.

Autre élément également apparu dans ces études, nous avons constaté une certaine survalorisation des connaissances pratiques au détriment des connaissances théoriques (Trevisan, 2016 ; Barros, 2016). L'ingénierie didactique est présentée le plus souvent comme une méthodologie alternative à l'enseignement fondée uniquement sur l'intuition. Elle se veut être aussi une alternative à l'enseignement purement théorique, ce dernier étant identifié comme une démarche plus traditionnelle. Dès lors, une tentative de

rapprochement entre les recherches consacrées à l'ingénierie didactique et celles dédiées aux pratiques d'enseignement-apprentissage semble pleinement justifiée. Mais, ce rapprochement semble le plus souvent pensé pour subordonner les théories et les connaissances scientifiques au développement des compétences souhaitées. Le nombre important des thèses et des mémoires provenant de Masters professionnels (57 %) peut également révéler la prévalence des recherches portant sur les processus pratiques et celles sur l'intervention pédagogique qui caractérisent les Masters professionnels. S'agissant d'une approche ou d'une appropriation pragmatique de la didactique, les travaux de James (1974) invitent à développer une attitude consistant à regarder au-delà des « catégories » et à rechercher les fruits, les conséquences et les faits, en niant la possibilité d'une connaissance véritable et objective. Le caractère pragmatique, ayant marqué la recherche sur l'ingénierie didactique ces dernières années, a été repéré dans plusieurs des textes étudiés. L'une des conséquences de cette réalité est la promotion de la nécessaire d'adaptation des individus à ce qui a été prévu pour eux.

Conclusion

À propos de l'ingénierie didactique

Les usages de l'ingénierie didactique au Brésil révèlent que le *consensus* relatif autour de ses références et de ses approches n'exprime pas des contributions majeures et innovantes aux théories importées de France, notamment. Ces usages expriment principalement un « enchantement » des enseignants et des chercheurs enthousiasmés par les recherches qu'ils développent dans ce domaine. Une telle situation souligne l'appropriation non critique de certaines idées issues de la didactique française. Les chercheurs brésiliens, emportés par cet enthousiasme à l'égard d'une théorie importée de la métropole semblent enfermés dans une perspective de neutralité pseudo-scientifique. Ils se révèlent incapables de s'approprier de manière critique et innovante les théories fondatrices de l'ingénierie didactique.

À propos de l'ingénierie de formation

Si l'ingénierie didactique est encore récente au Brésil et souvent limitée au domaine de l'enseignement des mathématiques, l'enseignement de l'ingénierie constitue une idée à développer. À cette fin, nous avons cherché des éléments, dans certaines revues scientifiques brésiliennes, faisant état de travaux de recherche sur la formation professionnelle, domaine qui, en France, conduit à convoquer très souvent le construit d'ingénierie de la formation. Or, nous n'avons trouvé aucune publication sur le sujet. Nous invitons le lecteur à consulter les documents suivants : *Boletim Técnico do SENAC*¹², la *Revista Trabalho & Educação*¹³, la *Revista Trabalho, Educação e Saúde*¹⁴ et la *Revista Brasileira da Educação Profissional e Tecnológica*¹⁵.

En considérant l'une des questions initiales posées ici, à savoir si l'ingénierie de formation constitue un nouveau paradigme de formation au Brésil, nous concluons que non. Même l'ingénierie didactique, qui constitue pourtant la diversité des déclinaisons pratiques de l'ingénierie de formation, ne peut être désignée comme un nouveau paradigme. En effet, son influence, bien que croissante au Brésil, est encore assez localisée et concentrée sur quelques sites universitaires. Mais, dans un domaine spécifique, en l'occurrence l'enseignement des sciences et des mathématiques, il s'agit d'une proposition prometteuse d'articulation entre connaissances scientifiques et pratiques didactiques. L'ingénierie didactique se propose d'être porteuse d'innovations capables de dépasser l'enseignement brésilien dit traditionnel, empirique, livresque, basé principalement sur la mémorisation et sur des comportements pédagogiques purement intuitifs.

¹² <https://www.bts.senac.br/bts>

¹³ <https://periodicos.ufmg.br/index.php/trabedu/about>

¹⁴ <http://www.revista.epsjv.fiocruz.br/>

¹⁵ <https://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/RBEPT>

Bibliographie

- ABNT [Associação Brasileira de Normas Técnicas] (2003). NBR 6028 - Informação e documentação - *Resumo* – Apresentação. <http://www.abnt.org.br/>
- Artigue, M. (1996). Engenharia didática. In J. Brun (Dir.), *Didáctica das Matemáticas* (p. 193-217). Instituto Piaget: Horizontes Pedagógicos.
- Artigue, M., Douady, R., Moreno, L. (1995). *Ingeniería Didáctica en Educación Matemática : un esquema para la investigación y la innovación en la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas*. Grupo Editorial Iberoamérica.
- Bianchini, B.L., Machado, S.D.A. (2019). A engenharia didática em pesquisas publicadas nos últimos dez anos da revista educação matemática pesquisa. *Educação Matemática e Pesquisa*. 21(5), 618-635. <https://doi.org/10.23925/1983-3156.2019v21i5p618-635>
- Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). (2021) <https://sucupira.capes.gov.br/>.
- Chevallard, Y. (2009) La notion d'ingénierie didactique, un concept à refonder. Questionnement et éléments de réponses à partir de la TAD. Dans C. Margolinas *et al.* (Dir.), *En amont et en aval des ingénieries didactiques*. Actes de la XV^e École d'été de didactique des mathématiques (p. 81-108). Clermont-Ferrand Recherches en Didactique des Mathématiques. La Pensée Sauvage, 1.
- Costa, D. E, Gonçalves, T. O. (2020) Abordagens do conceito de “sequência didática” em teses na área de Educação Matemática. *REAMEC - Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática*, 8(3), 313-341. <https://doi.org/10.26571/reamec.v8i3.10725>.
- Cuq, J.-P. (2021). Ingénierie. Dans J.-P. Cuq (Dir.), *Dictionnaire de didactique du français* (p. 130). CLE international. <https://www.docdroid.net/Hn8Mczc/dictionnairedidactique-pdf#page=130>.
- Ferreira, N. S. de A. (2002) As pesquisas denominadas “estado da arte”. *Educação & Sociedade*, 23(79), 257-272.
- Gomez, P. (1995). Préface. Dans M. Artigue, R. Douady et L. Moreno (Dir.), *Ingeniería Didáctica en Educación Matemática: un esquema para la investigación y la innovación en la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas* (p. 7-8). Grupo Editorial Iberoamérica.
- Gramsci, A. (1999). Cadernos do Cárcere, 1. (4^e ed., C. N. Coutinho Trad). Civilização Brasileira.
- James, W. (1974). Segunda Conferência: que significa pragmatismo. In V. Civita (Ed.), *Os Pensadores: história das grandes ideias do mundo ocidental* (p 9-37). Abril Cultural.
- Mari, C. L., Grade, M. G. (2012). O Senso Comum e a Educação em Antonio Gramsci: dimensões singulares da práxis. In C. L. Mari, E. Coelho, Santos., M. A. (Dir.), *Educação e Formação Humana: múltiplos olhares sobre a práxis educativa* (p. 119-130) Editora CRV. <https://gepeto.paginas.ufsc.br/files/2015/03/Capitulo-cezar.pdf>
- Mayen, P., Orly, P., Pastré, P. (2017). L'ingénierie didactique professionnelle. Dans P. Carré et P. Caspar (Dir.), *Traité des sciences et des techniques de la formation*, 4^e édition (p. 467-482). Dunod.
- Morosini, M.C. (2011) Internacionalização na produção de conhecimento em IES Brasileiras: cooperação internacional tradicional e cooperação internacional horizontal. *Educação em Revista*. 27(1), 93-112. <https://doi.org/10.1590/S0102-46982011000100005>
- Saviani, D. (2003). *Escola e democracia*. Autores Associados Cortez.

Silva, A. V. M. (2018). Neotecnicismo - a Retomada do Tecnicismo em Novas Bases. *Revista de Ensino, Educação e Ciências Humanas*, 19(1), 10-16.
<https://revista.pgsskroton.com/index.php/ensino/article/view/3720>.

Silva, J. R. L. (1999). A importância da crítica na ciência. *Jornal de Pneumologia*, 25(3), 1-3.
https://cdn.publisher.gn1.link/jornaldepneumologia.com.br/pdf/1999_25_3_1_portugues.pdf

Silva Neto, N. C., Lopes, S. F. Torres, J. C., Brandão, C. da F. (2016). A Inserção da CAPES na Formação de Professores da Educação Básica no Brasil. *EccoS Revista Científica*, 40, 145-161.
<https://www.redalyc.org/journal/715/71548306010/html/>.

Simão, A. (2013). O Tecnicismo Pedagógico e o Professor Reflexivo : convergências e divergências da prática pedagógica docente. [Apresentação de trabalho completo]. Décimo primeiro Congresso Nacional de Educação. Educere. Paraná, PR, Brasil.
https://educere.bruc.com.br/CD2013/pdf/13477_6391.pdf.

Souza, C. A. de., Garnica, A. V. M. (2016). Sobre a Dinâmica de Circulação de Ideias (em Educação Matemática). *Revista do Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS)*, 9(20), 413-446.
<https://periodicos.ufms.br/index.php/pedmat/article/view/2880/2241>.

Thiollent, M. (1987). *Crítica Metodológica, Investigação Social e Enquete Operária*. Livraria e Editora Polis.

Base de données du domaine de l'éducation :

Barreto, R. S. (2016). *Bom Juá e Plataforma: territórios que ensinam o patrimônio cultural à infância*. [Tese de doutorado, Universidade Federal do Ceará]. Biblioteca de Teses e Dissertações.
<https://bdtd.ibict.br/vufind/>

Correa, R. P. (2017). *O Ensino de Funções Trigonométricas por Atividades* [Dissertação de mestrado, Universidade do Estado do Pará]. Biblioteca de Teses e Dissertações. <https://bdtd.ibict.br/vufind/>

Gomes, R. P. (2013). *O Ensino das Relações Trigonométricas no Triângulo por Atividades*. [Dissertação de mestrado, Universidade do Estado do Pará]. Biblioteca de Teses e Dissertações.
<https://bdtd.ibict.br/vufind/>

Lopes, A. C. M. (2015). *O ensino de radicais por atividades*. [Dissertação de Mestrado, Universidade do Estado do Pará]. Biblioteca de Teses e Dissertações. <https://bdtd.ibict.br/vufind/>

Manzan, A. P. A. L. (2014). *A apropriação dos conceitos de função afim e quadrática por estudantes de cursos de engenharia*. [Dissertação de mestrado, Universidade de Uberaba]. Biblioteca de Teses e Dissertações.
<https://bdtd.ibict.br/vufind/>

Mota, W. S. (2017). *O Ensino de Limites de Funções por Atividades*. [Dissertação de Mestrado, Universidade do Estado do Pará]. Biblioteca de Teses e Dissertações. <https://bdtd.ibict.br/vufind/>

Nery, C. S. dos Santos. (2013). *Ensino das Funções, afim e Quadrática, por atividades*. [Dissertação de Mestrado, Universidade do Estado do Pará]. Biblioteca de Teses e Dissertações.
<https://bdtd.ibict.br/vufind/>

Oliveira, P. R. de. (2020). *Probabilidade no 3º ano do ensino médio: contribuições do jogo dos discos para o ensino e aprendizagem*. [Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul]. Biblioteca de Teses e Dissertações. <https://bdtd.ibict.br/vufind/>

Pires, E. C. P. da S. (2017). *O ensino da geometria analítica por meio de atividades*. [Dissertação de Mestrado, Universidade do Estado do Pará]. Biblioteca de Teses e Dissertações.
<https://bdtd.ibict.br/vufind/>

Santos, D. B. (2015). *Ensino de Matemática Crítico e Reflexivo: A Teoria das Situações Didáticas como Estratégia para a aprendizagem das operações básicas da aritmética na Rede Municipal de Ensino da cidade de Alagoinhas – BA*. [Dissertação de mestrado, Universidade do Estado da Bahia]. Biblioteca de Teses e Dissertações. <https://bdtd.ibict.br/vufind/>

Santos, N. d. O. (2017). *O Ensino de Potenciação por Atividades*. [Dissertação de mestrado, Universidade do Estado do Pará]. Biblioteca de Teses e Dissertações. <https://bdtd.ibict.br/vufind/>

Silva, B. d. G. S. d. (2015). *O Ensino de Problemas com as 4 Operações por atividades* [Dissertação de mestrado, Universidade do Estado do Pará]. Biblioteca de Teses e Dissertações. <https://bdtd.ibict.br/vufind/>

Silva, F. L. da. (2015). *Laboratório Virtual de Matemática: Uma abordagem complementar no ambiente Moodle para o aprendizado de Funções baseado em Objetos Digitais de Aprendizagem*. [Dissertação de Mestrado, Universidade do Estado da Bahia]. Biblioteca de Teses e Dissertações. <https://bdtd.ibict.br/vufind/>

Silva, H. C. M. da. (2016). *O Ensino de Matrizes a Partir da Resolução de Problemas*. [Dissertação de Mestrado, Universidade do Estado do Pará]. Biblioteca de Teses e Dissertações. <https://bdtd.ibict.br/vufind/>

Silva, K. S. Pugas da. (2016). *A construção de uma sequência didática para o ensino das funções logarítmicas com o suporte tecnológico do GeoGebra*. [Dissertação de Mestrado, Universidade do Estado da Bahia]. Biblioteca de Teses e Dissertações. <https://bdtd.ibict.br/vufind/>

Silva, M. J. (2017). *Questões Sociais Via Probabilidade*. [Dissertação de mestrado, Universidade do Estado do Pará]. Biblioteca de Teses e Dissertações. <https://bdtd.ibict.br/vufind/>

Silva, S. T. T. da. (2013). *O Ensino das Funções Exponencial e Logarítmica por Atividades*. [Dissertação de Mestrado, Universidade do Estado do Pará]. Biblioteca de Teses e Dissertações. <https://bdtd.ibict.br/vufind/>

Zani, J. B. (2018). *A Comunicação Oral em Eventos Científicos: uma proposta de modelização para a elaboração de sequências didáticas*. [Tese de Doutorado, Universidade São Francisco]. Biblioteca de Teses e Dissertações. <https://bdtd.ibict.br/vufind/>

Du domaine de l'enseignement des sciences et des mathématiques

Araujo, P. C. (2013). *Uma Combinação de Métodos de Pesquisa em Educação Matemática: Método Bayesiano de dados difusos*. [Tese de Doutorado, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo]. Biblioteca de Teses e Dissertações. <https://bdtd.ibict.br/vufind/>

Barros, K. C. T. F. do R. (2016). *Investigando, a Partir de Premissas da Engenharia Didática, um Processo Formativo com Bolsistas de Física do PIBID que Envolve o Desenho, a Aplicação e a Validação de uma Sequência de Ensino-Aprendizagem*. [Tese de Doutorado, Universidade Federal Rural de Pernambuco]. Biblioteca de Teses e Dissertações. <https://bdtd.ibict.br/vufind/>

Barros, M. C. de. (2017). *Equações Diferenciais Ordinárias no Contexto dos Registros de Representação Semiótica e da Modelagem Matemática*. [Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Maringá]. Biblioteca de Teses e Dissertações. <https://bdtd.ibict.br/vufind/>

Cargnin, C. (2013). *Ensino e Aprendizagem da Integral de Riemann de Funções de Uma Variável Real: possibilidades de articulação da utilização de Mapas Conceituais com a teoria dos Registros de Representações Semióticas*. [Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Maringá]. Biblioteca de Teses e Dissertações. <https://bdtd.ibict.br/vufind/>

Carvalho, J. I. F. de. (2017). *Um estudo sobre os conhecimentos Didáticos-Matemáticos de Probabilidade de professores de matemática do Ensino Fundamental*. [Tese de Doutorado, Universidade Anhanguera]. Biblioteca de Teses e Dissertações. <https://bdtd.ibict.br/vufind/>

Chaparin, R. O. (2019). *A Formação Continuada de Professores que Ensinam Matemática, Centrada na Resolução de Problemas e em Processos do Pensamento Matemático*. [Tese de Doutorado, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo]. Biblioteca de Teses e Dissertações. <https://bdtd.ibict.br/vufind/>

Ferreira, M. B. C. (2016). *Uma Organização Didática em Quadrilátero que Aproxime o Aluno de Licenciatura das Demonstrações Geométricas*. [Tese de Doutorado, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo]. Biblioteca de Teses e Dissertações. <https://bdtd.ibict.br/vufind/>

Frizzarini, Silvia Teresinha. (2014). *Estudo dos Registros de Representação Semiótica: implicações no ensino e aprendizagem da álgebra para alunos surdos fluentes em língua de sinais*. Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Maringá]. Biblioteca de Teses e Dissertações

Guadagnini, M. do R. (2018). *Fatoração: por que estudá-la desde o ensino fundamental* [Tese de Doutorado, Universidade Anhanguera]. Biblioteca de Teses e Dissertações. <https://bdtd.ibict.br/vufind/>

Ingar, K. V. (2014). *A Visualização na Aprendizagem dos Valores Máximos e Mínimos Locais da Função de Duas Variáveis Reais*. [Tese de Doutorado, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo.] Biblioteca de Teses e Dissertações. <https://bdtd.ibict.br/vufind/>

Mateus, P. (2014). *Derivadas de Funções Reais de uma Variável Real e Integral de Riemann: construção e aprendizagem de conceitos mediadas por mídias e práticas usuais*. [Tese de Doutorado, Universidade Anhanguera]. Biblioteca de Teses e Dissertações. <https://bdtd.ibict.br/vufind/>

Oliveira, A. S. dos S. (2015). *Uma Engenharia Didática para o Ensino das Operações com Números Racionais por Meio de Calculadora Para o Quinto Ano do Ensino Fundamental*. [Tese de Doutorado, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo.] Biblioteca de Teses e Dissertações. <https://bdtd.ibict.br/vufind/>

Oliveira, E. A. de. (2014). *Uma Engenharia Didática para Abordar o Conceito de Equação Diferencial em Cursos de Engenharia*. [Tese de Doutorado, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo.] Biblioteca de Teses e Dissertações. <https://bdtd.ibict.br/vufind/>

Paranhos, M. de M. (2015). *Parametrização e Movimentação de Curvas e Superfícies Para Uso em Modelação Matemática*. [Tese de Dourado, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo.] Biblioteca de Teses e Dissertações. <https://bdtd.ibict.br/vufind/>

Pasa, B. C. (2017). *A Noção de Infinitésimo no Esboço de Curvas no Ensino Médio: por uma abordagem de interpretação global de propriedades figurais*. [Tese de Doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina]. Biblioteca de Teses e Dissertações. <https://bdtd.ibict.br/vufind/>

Pereira, R. A. e A. (2017). *A Teoria dos Campos Conceituais e a Aprendizagem do Conceito de Espaço Vetorial*. [Tese de doutorado, Universidade Estadual de Campinas]. Biblioteca de Teses e Dissertações. <https://bdtd.ibict.br/vufind/>

Silva, C. V. (2015). *A Prática Docente e Sua Influência na Construção de Conceitos Geométricos: um estudo sobre o ensino e a aprendizagem da simetria ortogonal*. [Tese de Doutorado, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo]. Biblioteca de Teses e Dissertações. <https://bdtd.ibict.br/vufind/>

Silva, E. R. da. (2017). *Uma Base de Conhecimentos para o Ensino de Taxa de Variação na Educação Básica*. [Tese de Doutorado, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo]. Biblioteca de Teses e Dissertações. <https://bdtd.ibict.br/vufind/>

Silva, J. V. G. da. (2016). *Grandezas e Medidas: um percurso de estudo e pesquisa para a prática profissional*. [Tese de Doutorado, Universidade Anhanguera]. Biblioteca de Teses e Dissertações. <https://bdtd.ibict.br/vufind/>

Silva, M. E. S. da C. (2016). *Concepção de Transformação Linear por Estudantes de Licenciatura em Matemática*. [Tese de Doutorado, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo]. Biblioteca de Teses e Dissertações. <https://bdtd.ibict.br/vufind/>

Souza, R. N. S. de. (2018). *Desconstrução Dimensional das Formas: gesto intelectual necessário à aprendizagem de geometria*. [Tese de Doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina]. Biblioteca de Teses e Dissertações. <https://bdtd.ibict.br/vufind/>

Trevisan, E. P. (2016). *Um Estudo Sobre a Articulação Entre Validações Empíricas e Teóricas no Ensino de Geometria com Professores da Rede Pública*. [Tese de Doutorado, Universidade Federal de Mato Grosso]. Biblioteca de Teses e Dissertações. <https://bdtd.ibict.br/vufind/>

Zanquetta, M. E. M. T. (2015). *Uma Investigação com Alunos Surdos do Ensino Fundamental: o cálculo mental em questão*. [Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Maringá]. Biblioteca de Teses e Dissertações. <https://bdtd.ibict.br/vufind/>

Articles issus de la banque de données Scielo :

Anido, M. A., López, R., Rubio Scola, H. E. (2006). Las supersuperficies en el aprendizaje de la geometría. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, 9(3), 335-360. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-24362006000300002&lng=es&tlng=es.

Escolá, M. F., Márquez, R. M. F. (2017). Multiplicar sumando : una experiencia con estudiantes de bachillerato. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, 20(2), 137-166. <https://doi.org/10.12802/reime.17.2021>.

Ferreira, E. B., Soares, A. B., Lima, J. C. (2008). O resgate das demonstrações: uma contribuição da informática à formação do professor de matemática. *Psicologia Escolar e Educacional*, 12(2), 381-389. <https://doi.org/10.1590/S1413-85572008000200009>.

Fioreze, L. A., et al. (2013). Análise da construção dos conceitos de proporcionalidade com a utilização do software geoplano virtual. *Ciência & Educação (Bauru)*, 1 (2), 267-278. <https://doi.org/10.1590/S1516-73132013000200003>.

Lima, J. R., Ferreira, H. (2019). Contribuições da Engenharia Didática como elemento norteador no Ensino de Física: estudando o fenômeno de Encontro de Corpos com atividades da Robótica Educacional. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 42(e20190021), 1-12. <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2019-002>.

Mesquita, L., Brockington, G., Testoni, L. A., N. Studart (2021). Metodologia do design educacional no desenvolvimento de sequências de ensino e aprendizagem no ensino de física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 43 (e20200443 <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2020-0443>).

Palmas, S., Block, D. (2014). Access to the written representation of natural numbers : a didactic sequence for adults with low or no schooling. *Latin American Journal of Research in Mathematical Education*, 17(2), 165-189. <https://doi.org/10.12802/reime.13.1722>.

Santos, V. B., Dias, M. A., Bosch, M. (2019). A Study and Research Journey for the Study of Simple and Compound Interest Concepts. *Bolema : Boletim de Educação Matemática*, 33 (63), 327-347. <https://doi.org/10.1590/1980-4415v33n63a16>.

Silva, R. S., Barone, D. A. C., Basso, M. V. de A. (2018). Cadeias de Markov e tecnologias digitais: reflexões sobre a construção de conhecimentos dos discentes em licenciatura em Matemática. *Ciência & Educação (Bauru)*, 24(3), 695-713. <https://doi.org/10.1590/1516-731320180030010>

Vieira Alves, F. R., Monteiro Marinho, M. R. (2017). Engenharia didática no contexto da transição complexa do cálculo - TCC: o caso da série de Laurent. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, 12(2), 1-28. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1850-66662017000200005&lng=es&tlng=pt

Vigo Ingar, K., Ferreira Da Silva, M.-J. (2019). Las aprehensiones en el registro gráfico para el estudio de la derivada parcial. *Educación*, 28(55), 203-224. <https://dx.doi.org/10.18800/educacion.201902.010>